

Aus der Klinik für Pferdekrankheiten und allgemeine Chirurgie
— Klinische Radiologie —
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

**UNTERSUCHUNGEN ZUR RÖNTGENDIAGNOSTIK
DEGENERATIVER ZEHENGelenKSERKRANKUNGEN
DES PFERDES
EIN VERGLEICH RÖNTGENOLOGISCHER UND
PATHOLOGISCH-ANATOMISCHER BEFUNDE**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Martina van Suntum
Tierärztin aus Dinslaken

Berlin 1983
Journal-Nr. 1152



Für Dada



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546607_0052

Aus der Klinik für Pferdekrankheiten und allgemeine Chirurgie
- Klinische Radiologie -
des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin

UNTERSUCHUNGEN ZUR RÖNTGENDIAGNOSTIK
DEGENERATIVER ZEHENGelenKSERKrankUNGEN DES PFERDES
EIN VERGLEICH RÖNTGENOLOGISCHER UND
PATHOLOGISCH-ANATOMISCHER BEFUNDE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Martina van Suntum
Tierärztin aus Dinslaken
Berlin 1983
Journal-Nr. 1152

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Fachbereichssprecher:	Prof. Dr. F. Hörchner
Referent:	Prof. Dr. K. Hartung
Korreferent:	Prof. Dr. K. Dämmrich

Tag der Promotion:	6. Dezember 1983
--------------------	------------------

<u>INHALTSVERZEICHNIS</u>	3
<u>A. Einleitung</u>	9
<u>B. Literatur</u>	10
<u>I. Begriffsbestimmung der Arthropathia deformans</u>	10
<u>II. Pathogenese der Arthropathia deformans</u>	10
1. Formale Pathogenese	10
2. Kausale Pathogenese	12
a. primär degenerative Arthropathie	12
b. sekundär degenerative Arthropathie	12
<u>III. Überblick über das röntgenologische und klinische</u>	
<u>Bild der Arthropathia deformans</u>	16
1. Röntgenologisches Bild	16
a. Gelenkspalt und Gelenklinie	16
b. Entrundung von Gelenkflächen	18
c. Kontinuitätsverletzung der Knochengrenzlamelle	19
d. zystoide Defekte	19
e. Knochennekrose	20
f. Randwülste und Knochenbuckel	20
g. freie Körper	21
h. Ankylosen	22
i. Exostosen	22
k. Knochenschliffflächen	23
2. Klinisches Bild	23
<u>IV. Röntgenologische Untersuchungen zum Krankheits-</u>	
<u>komplex der Arthropathia deformans der Zehengelenke</u>	
<u>beim Pferd</u>	26
1. Art und Lokalisation der röntgenologisch	
beschriebenen Veränderungen	28
2. Zusammenhänge zwischen dem röntgenologischen	
und pathologisch-anatomischen Bild	36
<u>V. Untersuchungen zur Aussagekraft röntgenologischer</u>	
<u>Methoden in der Diagnostik degenerativer Gelenkver-</u>	
<u>änderungen beim Pferd</u>	43

C. Eigene Untersuchungen

49

C.1. Gruppe 1: Serienuntersuchungen an Zehengelenken der Vorderextremitäten von Schlachtpferden

I. Material und Methoden

1. Untersuchungsmaterial
2. Untersuchungsmethoden
 - a. Röntgenuntersuchung
 - b. Pathologisch-anatomische Untersuchung
 - c. Röntgenstrukturanalyse
 - d. Histologische Untersuchung

II. Untersuchungsergebnisse

1. Metacarpus, distale Gelenkfläche

- a. Ergebnisse der Röntgenuntersuchung
- b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung
 - b.1. Art der makroskopischen Veränderungen
 - b.2. Lokalisation der unterschiedlichen makroskopischen Veränderungen auf der Gelenkfläche Mc
 - b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer Veränderungen der distalen Metacarpusgelenkfläche
- c. Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse in Beziehung zu röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Befunden
- d. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung

1.2. Gleichbeine

- a. röntgenologische Veränderungen
- b. Beziehungen zwischen den röntgenologischen Veränderungen der Gleichbeine und makroskopischen Veränderungen der Gelenkfläche Mc

<u>2. Fesselbein, proximale Gelenkfläche</u>	85
a. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung	85
b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung	87
b.1. Art der makroskopischen Veränderungen	87
b.2. Lokalisation der unterschiedlichen Veränderungen auf der Gelenkfläche Fp	89
b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer Veränderungen der proximalen Fesselbeingelenkfläche	92
c. Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse in Beziehung zu röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Befunden	92
d. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung	96
<u>3. Fesselbein, distale Gelenkfläche</u>	101
a. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung	101
b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung	102
b.1. Art der makroskopischen Veränderungen	102
b.2. Lokalisation der unterschiedlichen makroskopischen Veränderungen auf der Gelenkfläche Fd	104
b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer Veränderungen auf der distalen Fesselbeingelenkfläche	106
c. Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse in Beziehung zu röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Befunden	107
d. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung	113

4. Kronbein, proximale Gelenkfläche	117
a. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung	117
b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung	120
b.1. Art der makroskopischen Veränderungen	120
b.2. Lokalisation der unterschiedlichen makroskopischen Veränderungen auf der Gelenkfläche Kp	122
b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer Veränderungen auf der proximalen Kronbeingelenkfläche	125
c. Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse in Beziehung zu röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Befunden	125
d. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung	130
5. Kronbein, distale Gelenkfläche	135
a. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung	135
b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung	136
b.1. Art der makroskopischen Veränderungen	136
b.2. Lokalisation der unterschiedlichen makroskopischen Veränderungen auf der Gelenkfläche Kd	139
b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer Veränderungen auf der distalen Kronbeingelenkfläche	142
c. Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse in Beziehung zu röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Befunden	142
d. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung	146

<u>6. Hufbeingelenkfläche</u>	150
a. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung	
b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung	151
b.1. Art der makroskopischen Veränderungen	151
b.2. Lokalisation der unterschiedlichen makroskopischen Veränderungen auf der Gelenkfläche H	153
b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer Veränderungen auf der Hufbeingelenkfläche	155
c. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung	155
<u>C.2. Gruppe 2: Pferde mit bekanntem Vorbericht</u>	160
<u>I. Material und Methoden</u>	160
1. Untersuchungsmaterial	160
2. Untersuchungsmethoden	160
<u>II. Untersuchungsergebnisse</u>	161
Fallbeschreibungen (1-10)	161
<u>C.3. Orientierende Untersuchungen zur röntgenologischen Darstellbarkeit künstlicher Läsionen in den Zehengelenken des Pferdes</u>	169
<u>I. Material und Methode</u>	169
<u>II. Untersuchungsergebnisse</u>	171
1. Metacarpus	171
2. Fesselbein, proximal	172
3. Fesselbein, distal	172
4. Kronbein, proximal	173
5. Kronbein, distal	173
6. Hufbein	173
<u>D. Diskussion</u>	176

E. Zusammenfassung

241

F. Summary

243

G. Literaturverzeichnis

245

Abkürzungen

a.-p.	anterior-posterior
bds.	beiderseits
dist.	distal
dors.	dorsal
Fd	distale Fesselbeingelenkfläche
Fp	proximale Fesselbeingelenkfläche
gez.	gezackt
gew.	gewellt
Gl.b.	Gleichbein
H	Hufbeingelenkfläche
hi.	hinten
HPA	hohe Palmarnervenanästhesie
Kd	distale Kronbeingelenkfläche
Kp	proximale Kronbeingelenkfläche
lat.	lateral
li.	links
Mc	distale Metacarpusgelenkfläche
med.	medial
MPA	mittlere Palmarnervenanästhesie
neg.	negativ
palm.	palmar
poros.	porosiert
pos.	positiv
Proc. ex.	Processus extensorius
prox.	proximal
re.	rechts
TPA	tiefe Palmarnervenanästhesie
unterbr.	unterbrochen
vo.	vorne

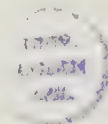
A. EINLEITUNG

Die degenerativen Gelenkerkrankungen gehören zu den häufigsten Lahmheitsursachen des Pferdes und werden bevorzugt in den distalen Extremitätengelenken beobachtet.

Die Röntgenuntersuchung stellt für die Diagnostik der Arthropathia deformans ein wichtiges Hilfsmittel dar, weist jedoch hier einige Besonderheiten auf, die eine Beurteilung der Röntgenbefunde erschweren. So ist bekannt, daß das Ausmaß der auf dem Röntgenbild erkennbaren Veränderungen oft keinen direkten Bezug zu dem Grad der klinischen Erscheinungen zeigt.

Ein Hauptanliegen dieser Arbeit war es, in einem systematischen Vergleich röntgenologischer und pathologisch-anatomischer Veränderungen der Zehengelenke des Pferdes zu untersuchen, inwieweit Beziehungen zwischen diesen Veränderungen bestehen. Durch Anwendung definierter Beurteilungskriterien sollten an einem größeren Untersuchungsmaterial die Grenzen und Schwierigkeiten der herkömmlichen Röntgendiagnostik möglichst exakt erfaßt werden und die Aussagekraft der einzelnen Röntgenbefunde bestimmt werden. Darüberhinaus sollte versucht werden, unter Hinzuziehung weiterer in der praktischen Röntgendiagnostik der Arthropathia deformans bisher wenig beobachteter Röntgenbefunde, Möglichkeiten für eine Ergänzung der klassischen Röntgenbefunde aufzuzeigen.

Außerdem sollte stichprobenartig in Untersuchungen an einigen Pferden mit bekanntem Vorbericht die Korrelation zwischen röntgenologischem, pathologisch-anatomischem und klinischem Bild hergestellt werden sowie an einigen Schlachtpferdeextremitäten die röntgenologische Darstellbarkeit künstlicher Läsionen überprüft werden.



B. LITERATUR

I. Begriffsbestimmung der Arthropathia deformans

Der Begriff Arthropathia deformans umfaßt sehr viele verschiedene Krankheitsbilder, die alle aus nichtentzündlichen, degenerativen Gelenkknorpelveränderungen hervorgehen. In der älteren Literatur wird die Arthropathia deformans als Arthritis deformans (HEINE, 1926; POMMER, 1927) oder auch schon als Arthrosis deformans bezeichnet (v.MÜLLER, 1931). Heute sind neben dem Ausdruck Arthropathia deformans auch die Begriffe "Arthrosis deformans" (WINTZER, 1982), "Osteoarthrose" (ROONEY, 1969; ADAMS, 1972) und vereinzelt "Arthritis chronica deformans" (RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982) gebräuchlich.

Um in der Bezeichnung der kausalen Pathogenese Rechnung zu tragen, unterscheidet man zwischen primär degenerativen und sekundär degenerativen Arthropathien (WEISS, 1968). Bei der primär degenerativen Arthropathie steht als Krankheitsursache die degenerative Knorpelveränderung im Vordergrund, die dann in der Folge die Ausprägung der Arthropathia deformans in ihren verschiedenen Bildern nach sich zieht. Dagegen ist die sekundär degenerative Arthropathie dadurch gekennzeichnet, daß eine beliebige Noxe sekundär zu Knorpelalterationen führt, die sich dann selbständig zu dem Krankheitsbild der deformierenden Arthropathie weiterentwickeln.

II. Pathogenese der Arthropathia deformans

1. Formale Pathogenese

Nach DÄMMRICH (1976) wird die formale Pathogenese der Arthropathia deformans von Gelenkknorpelveränderungen bestimmt. Die einzelnen Strukturelemente des Gelenkknorpels übernehmen verschiedene Funktionen, wobei die Radiärzone als druckelastisches Polster die darunterliegenden starren Abschnitte

des Gelenks, mineralisierte Knorpelsubstanz, Knochenendplatte und subchondrale Spongiosa, vor Stoßbelastungen schützt. Die Tangentialzone des Gelenkknorpels dient als Gleitschicht.

Die Matrix des Gelenkknorpels besteht aus Kollagenfasern, die in die Grundsubstanz aus Proteoglykanen eingebettet sind. Je nach der Funktion richten sich die Kollagenfasern in der Tangentialzone parallel zur Oberfläche aus und stehen in der Radiärzone durch Verspannung zwischen mineralisierter Knorpelschicht und Tangentialzone senkrecht zur Oberfläche des Gelenkknorpels. So wird ein seitliches Auseinanderweichen der Gelenkknorpelmatrix verhindert.

Ernährt wird die mineralisierte Knorpelschicht von epiphysären Blutgefäßen, während die Versorgung der Tangential- und Radiärzone über die von Synovialiszellen (Deckzelltyp B) sezernierte Synovia erfolgt. Der Stofftransport im Knorpel erfolgt durch Diffusion, für die der innere Fluß, der durch physiologische Be- und Entlastung bestimmt wird, entscheidend ist (DÄMMRICH, 1976). Um eine ungestörte Diffusion zu ermöglichen, ist ein bestimmter Wassergehalt notwendig. Der Wassergehalt hängt von der Polymerisation der Proteoglykane ab: sind sie niederpolymerisiert, binden sie viel Wasser, und die Diffusion wird erleichtert. Bei Proteoglykansynthesestörungen, die man bei regressiv transformierten Chondrozyten findet, folgt eine Abnahme des Wassergehalts in der Gelenkknorpelmatrix. Eine fortschreitende Verschlechterung der Chondrozytenernährung ist dann direkte Folge der verminderten Diffusion und des eingeschränkten inneren Flusses.

Die genannte regressive Chondrozytentransformation ist häufig der Anfang des Krankheitsgeschehens bei der Arthropathia deformans (DÄMMRICH, 1976). Die dadurch bedingte, sich verschlechternde Ernährungssituation der Gelenkknorpelzellen führt in einer Art circulus vitiosus zu weiteren Chondrozytenalterationen, die über verschiedene Knorpelveränderungen (Atrophie, Fibrillendemaskierung, Spaltbildung) zu dem Knorpelgeschwür, der Usur, führen. Von der

Usur nehmen diejenigen Veränderungen ihren Ausgang, die als morphologische Substrate das Bild der Arthropathia deformans ausmachen und weitgehend durch die Art der statischen Belastung des Gelenks bedingt sind.

2. Kausale Pathogenese

Die begriffliche Unterteilung der Arthropathie orientiert sich an der kausalen Pathogenese, die sehr vielgestaltig ist.

a. primär degenerative Arthropathie

Die Formen, die sich kausalpathogenetisch direkt auf Gelenkknorpeldegenerationen zurückführen lassen, werden als primär degenerative Arthropathien bezeichnet (WEISS, 1968). Es sind der Definition nach Degenerationen des Gelenkknorpels, die, ohne vorhergehende andere Noxen, sozusagen aus sich entstehen, wie es besonders mit zunehmendem Alter beobachtet wird.

Abnahme des Wassergehalts und der Zellzahl, damit erschwerte Diffusion und Elastizitätsverlust führen zu Ernährungsstörungen der Chondrozyten. Hinzu kommt, daß die Regenerationsfähigkeit der Knorpelzellen der Tangentialzone im Alter geringer ist und so dem Verschleiß nicht in gewohnter Weise begegnet werden kann. Allerdings sind die pathogenetisch wirkenden Faktoren der primären degenerativen Arthropathie, wie DÄMMRICH (1976) feststellt, nicht genau bekannt, denn die genannten Prinzipien reichen nicht aus, um das vollständige Bild der degenerativen Arthropathie auszulösen (WEISS, 1968).

b. sekundär degenerative Arthropathie

In allen Fällen der sekundären Formen ist die deformierende Arthropathie eine Folgeerkrankung, die von anderen Einwirkungen bedingt wird, ihren Ausgang immer von Chondrozytenalterationen nimmt und sich dann in ihrem klinischen Verlauf verselbständigt (DÄMMRICH, 1976). In vielen Fällen ist es so, daß die sich selbständig entwickelnde Arthropathie die auslösende Erkrankung oder Noxe in ihren krank-

machenden Eigenschaften bei weitem übersteigt; die kausal-pathogenetischen Faktoren sind dementsprechend oft nur schwer zu erkennen.

Inkongruente Gelenkflächen, wie sie als Fehlbildungen oder als Folge von Fehlstellungen und Entwicklungsstörungen vorkommen, führen zu einer unphysiologischen Be- und Entlastung umschriebener Knorpelbezirke. Der Knorpel degeneriert, da innerer Fluß und Diffusion beeinträchtigt sind und bedingt, wegen seiner verminderten mechanischen Schutzfunktion, pathologische Vorgänge im subchondralen Knochen.

Durch ein akutes Trauma können eventuell mehrere, für den Erhalt des Gelenkknorpels unentbehrliche Funktionen gleichzeitig beeinträchtigt werden: der Nährstofflieferant für die Chondrozyten, die Synovia, ist durch Blut- und andere Beimengungen nicht mehr vollwertig (PETERSSON u. SEVELIUS, 1968; DÄMMRICH, 1976), fehlende Kongruenz von Gelenkflächen führt zu Chondrozytenalterationen und durch Abspaltung entstandene freie Körper schädigen den Knorpel mechanisch. Bei der Traumatisierung des Knochens kann es auch zum Einbruch der Knochenendplatte kommen. Eine Veränderung, die röntgenologisch manchmal in Form von Zystoiden erkennbar ist. Eine der häufigsten Ursachen der sekundär deformierenden Arthropathie ist die chronische Traumatisierung, die zu einer vergleichsweise langsamen Entwicklung des Krankheitsbildes führt. Nach Ergebnissen von DÄMMRICH (1976) kommt es zu einer statischen Mehrbelastung des subchondralen Knochens, der, zusätzlich durch Zirkulationsstörungen in Mitleidenschaft gezogen, das Bild der aseptischen Knochennekrose zeigt. Über Zusammenhangstrennungen in Knorpel und Knochen entsteht beim jungen Tier das Bild der Osteochondrosis dissecans, die dann Ausgangspunkt für die Entwicklung einer Arthropathia deformans ist (STRÖMBERG, 1979). Auf chronische Traumatisierung führt auch ROONEY (1969) verschiedene Arthroseformen an Gelenken von Pferden zurück. Er beschreibt für das Fesselgelenk unterschiedliche Bilder einer "traumatischen Arthrose", die durch Überstreckung des Gelenks bedingt werden. So entwickeln sich einerseits am dorsalen Gelenkrand von Fesselbein und

Metacarpus verschiedene Formen von Knorpelverschleiß bis hin zur Nekrose, in deren Folge es auch zu "Chip-Frakturen" am dorsalen Rand des Fesselbeins kommen kann. Andererseits nennt ROONEY (1969) die sogenannte "transverse line arthrosis" oder "gullwing-arthrosis" (Möwenschwingenarthrose), die sich unter dem makroskopischen Bild von Knorpelulcerationen im Bereich des Transversalkammes auf der Gelenkfläche des Metacarpus entwickelt. Dieser knorpelige Grat mit knöcherner Grundlage, der senkrecht zum Sagittalkamm die Gelenkfläche des Metacarpus in leicht dorsalkonvexem Bogen überzieht, unterteilt die palmare und dorsale Gelenkfläche des distalen Metacarpus in eine metacarpo-phalangeale und eine metacarpo-sesamoidale Gelenkfläche und zeigt in normalen Fällen die dorsale Begrenzung der Gleichbein-Gleitfläche an. Bei der Überstreckung des Fesselgelenks werden die Gleichbeine über den Transversalkamm hinaus auf die dorsalen Gelenkflächenanteile gezogen (STEDE, PREUSS u. STEDE, 1977). Auch rasch wechselnde Be- und Entlastungen führen zu Einbrüchen der Knochengrenzlamelle, wobei man sich im Ablauf der Auf- und Abbauvorgänge eine Dominanz der Abbauvorgänge vorstellt. Die resultierende mechanische Minderwertigkeit des Knochens kann Einbrüche von Knochen- und Knorpelgewebe nach sich ziehen. Bei einer weiteren Form der sekundär degenerativen Arthropathie, die sich im Anschluß an entzündliche Prozesse, Arthritiden, entwickelt, stehen ebenfalls Knorpelalterationen im Vordergrund. Die Knorpelveränderungen sind hier Folge des entzündlichen Geschehens in der Gelenkkapsel: die Synovia ist durch eine gestörte Dialyse sowie Beimengung von Exsudat abnorm verändert und gewährleistet keine ausreichende Ernährung der Chondrozyten. Wegen Zerstörung der Deckzellen ist die Synovia in ihrer Viskosität vermindert und kann den Gelenkknorpel nicht mehr vor mechanischer Belastung schützen. Erhöhte lysosomale Aktivität kann die Entstehung einer Usur beschleunigen (DÄMMRICH, 1976).

Die Jungtierarthropathien, die hier gesondert betrachtet werden sollen, unterliegen alle einem kausalpathogenetischen

Prinzip: es handelt sich nämlich nach DÄMMRICH (1976) in allen Fällen um Belastungsarthropathien. Verschiedene Formen der Überbelastung wie zu schnelle Gewichtszunahme sowie Größenzunahme und zu starke Zugbelastung einer übermäßig entwickelten Skelettmuskulatur können dabei wirken.

Der jugendliche Gelenkknorpel ist durch besondere Verhältnisse in seiner Funktion und Struktur charakterisiert. Er gewährleistet bei wachsenden Tieren neben seinen Funktionen als Element des Bewegungsapparates in der Radiärzone das epiphysäre Knochenwachstum. Die Fasern der Radiärzone sind beim adulten Tier durch Verankerung in Tangentialzone und mineralisiertem Knorpel fest verspannt; beim jugendlichen Tier erfolgt die Abstützung des Knorpels auf einzelnen Spongiosabälkchen, woraus eine nur unvollständige Verankerung der Fasern der Radiärzone in der mineralisierten Knorpelsubstanz folgt. Bei großen Belastungen kommt es leicht zu Faserdeformationen mit Gefügetrennung im Gelenkknorpel. Außerdem birgt die nur punktuelle Abstützung des Gelenkknorpels durch einzelne Spongiosabälkchen die Gefahr, daß bei übermäßiger Belastung ganze Abschnitte des Gelenkknorpels in die subchondrale Spongiosa, fast in Form eines Prolaps, hineingepreßt werden.

Bei Mastschweinen werden außerdem subchondrale, epiphysäre Knochennekrosen durch Zirkulationsstörungen verursacht, die sekundär auch das Knorpelgewebe miteinbeziehen (DÄMMRICH, 1976). Solche Knorpelzapfen stellen sich röntgenologisch, ähnlich wie Einbrüche in den subchondralen Knochen, als subchondrale Zystoide dar.

Bei der Chondrosis dissecans dagegen kommt es zu einer scherenförmigen Abhebung des Gelenkknorpels in Folge von Fehl- oder Überbelastungen, die ein Anpassungswachstum, charakterisiert durch Chondrozytenproliferation und Dickenzunahme des Knorpels, auslösen. Verminderte Diffusion und erschwelter innerer Fluß führen zu Massennekrosen, die durch das Wachstum in die Nähe der Knorpel-Knochen-Grenze gelangen und schließlich den Zusammenhang zum Zellgefüge verlieren und

sich ablösen (DÄMMRICH, 1981). Diese Erkrankung wird bei OLSSON (1982) als "Osteochondritis dissecans" bezeichnet. Auch er nennt zu schnelles Größenwachstum und schnelle Gewichtszunahme als Ursachen für eine gestörte enchondrale Ossifikation und mangelhafte Chondrozytendifferenzierung im Gelenkknorpel. Er bezeichnet diesen gesamten Krankheitskomplex als Osteochondrosis. STRÖMBERG (1976) vermutet auf Grund von Untersuchungen an Kniegelenken von jungen Pferden auch genetische und ernährungsbedingte Faktoren für die Entstehung der "Osteochondrosis dissecans". McILWRAITH (1982b) beschreibt als Folge der fehlerhaften Ossifikation beim jungen Pferd vereinfachend zwei Möglichkeiten: die Abschlüpfung von Knorpelstücken ("Osteochondritis dissecans") und die Retention und Nekrose von Knorpelgewebe (Zystoide).

III. Überblick über das röntgenologische und klinische Bild der Arthropathia deformans

Da die röntgenologische Untersuchung als sehr wichtiger Bestandteil der Diagnostik der Arthropathia deformans angesehen wird (WEISS, 1968; WINTZER, 1976; ZELLER, 1976; HAYNES, 1980) soll hier zunächst im Zusammenhang mit der Pathogenese auf die röntgenologischen Aspekte eingegangen werden.

1. Röntgenologisches Bild

Alle Veränderungen, die sich ausschließlich auf den Gelenkknorpel beschränken, sind auf Grund der relativ geringen Dichte von Knorpelgewebe im Röntgenbild nicht darstellbar. Die röntgenologischen Symptome der Arthropathia deformans gründen also weitgehend auf den Veränderungen im subchondralen Knochengewebe und, falls vorhanden, auf Dichteänderungen in den weniger strahlendichten Geweben.

a. Gelenkspalt und Gelenklinie

Zumindest einen Hinweis auf den Zustand des Gelenkknorpels kann die Breite des sogenannten "Gelenkspalts" geben. Dieser

röntgenologische Ausdruck hat keine direkte Entsprechung in anatomischer Struktur, denn er beschreibt den im Röntgenbild als Spalt zwischen den mineralisierten Gelenkanteilen sichtbaren strahlendurchlässigen Raum, der aus den kalklosen Knorpelanteilen und dem echten, synoviagefüllten Raum besteht.

Begrenzt wird der "Gelenkspalt" zum Knochen hin jeweils von der Gelenklinie, die als histologische Entsprechung zwei Elemente hat, nämlich die Schicht verkalkten Gelenkknorpels (Kalkknorpelschicht) und die Knochengrenzlamelle.

Bei Veränderung der Distanz der Gelenklinien spricht man von einer Verschmälerung bzw. Verbreiterung des Gelenkspalts, die eine Atrophie bzw. Proliferation des Gelenkknorpels anzeigen und im Verlauf degenerativer Gelenkerkrankungen, im Gegensatz zu entzündlichen, erst relativ spät im Röntgenbild beobachtet werden (WEISS, 1968). Allerdings ist die Verschmälerung des Gelenkspalts nur bedingt als ein röntgenologisch verwertbares Anzeichen der Arthropathia deformans anzusehen (MÜNZER u. HARTUNG, 1977). Infolge der Altersatrophie des Gelenkknorpels kann der Gelenkspalt auch unter physiologischen Bedingungen verschmälert sein. Um den Abbildungsfehler einschätzen zu können, sollte erst nach einer Vergleichsaufnahme des entsprechenden Gelenks der gesunden Extremität bei möglichst gleicher Projektion eine vorsichtige Aussage über Veränderungen im Bereich des Gelenkspalts getroffen werden. Die Gelenklinie ist Indikator für die Art der mechanisch-statischen Belastung an der Knochen-Knorpel-Grenze. Beide die Gelenklinie bildende Strukturen, Kalkknorpelschicht und Knochengrenzlamelle, können in ihren Dimensionen Änderungen durchmachen, die immer Ausdruck einer gestörten oder veränderten Statik an dieser Stelle sind. Jede der beiden Strukturen kann allein eine Verstärkung der Gelenklinie bewirken; man kann aus dem Röntgenbild erkennen, welche der beiden verstärkt wurde und daraus gegebenenfalls diagnostische Rückschlüsse ziehen: wurde die Knochengrenzlamelle verstärkt, sind auch die an ihr ansetzenden Knochenbälkchen verstärkt; betrifft die Zubildung nur die Kalkknorpelschicht, ist die

subchondrale Spongiosa unverändert. Diesen letzteren Fall beobachtet man dann, wenn eine kompensatorische Verstärkung des Knochengewebes nicht möglich ist, so zum Beispiel bei einem durch Osteoporose bedingten Abbau der Knochengrenzlamelle. Die Verstärkung der Kalkknorpelschicht ist der erste Schritt bei dem Versuch, gesteigerte statische Anforderungen oder abnehmende funktionelle Belastbarkeit des Gelenkknorpels zu kompensieren. Diese Maßnahme ist in ihrer Wirkung jedoch oft nicht ausreichend, so daß als nächster Kompensationsschritt die Verstärkung der Knochengrenzlamelle mitsamt der ansetzenden Spongiosabälkchen in Form einer subchondralen Sklerosierung sichtbar wird. Diese Art der Anpassung an gesteigerte statische Anforderungen kann durchaus in der Lage sein, das notwendige Gleichgewicht für lange Zeit wiederherzustellen (WEISS, 1968).

b. Entrundung von Gelenkflächen

Sind die Kompensationsmechanismen nicht ausreichend, reagiert der subchondrale Knochen auf die große Belastung mit mehr oder weniger ausgedehnten Umbauprozessen. Röntgenologisch darstellbar ist der subchondrale Umbau dann, wenn er schnell abläuft: die sonst scharf in Trajektorien konturierter Spongiosa hat dann eine mehr unscharfe, wolkige Struktur (WEISS, 1968). In der Phase des Umbaus ist das Knochengewebe statisch insuffizient, und es kommt bei unverminderter Belastung nach RADIN, PAUL u. TOLKOFF (1970) zu sogenannten "Kleinstbrüchen", das sind kleinste Kontinuitätsverletzungen der Knochenendplatte, die das subchondrale Knochengewebe verformbarer machen. Die Belastung von gewölbten Gelenkflächen führt unter dieser Voraussetzung zu deren Einsinken, es kommt zur röntgenologisch sichtbaren Entrundung von Gelenkflächen.

Das röntgenologische Symptom der Entrundung von Gelenkflächen kann auch von allen anderen Prozessen bedingt sein, die zu einer statischen Insuffizienz der Knorpel-Knochen-Grenze führen.

c. Kontinuitätsverletzung der Knochengrenzlamelle

Die genannten Kleinstbrüche können unter günstigen Bedingungen und unter der Voraussetzung, daß der Gelenkknorpel noch keine wesentliche Schädigung erlitten hat, ausheilen. Sobald aber der Gelenkknorpel die knöchernen Gelenkteile nicht mehr vor Stoß- und Druckbelastung schützen kann, beispielsweise nach Entstehung von Usuren, kommt es zum Einbruch der Knochenendplatte. Diese Kontinuitätsverletzung der Knochenendplatte kann unter günstigen Bedingungen von neu gebildetem Knochen abgeriegelt werden und nach längerer Zeit auch ausheilen. Diese eben als Abriegelung bezeichnete Zubildung von Knochengewebe ist röntgenologisch als Zone verdichteter, damit strahlendichter Knochensubstanz in Form einer Verschattung sichtbar (WEISS, 1968; RADIN, PAUL u. TOLKOFF, 1970). Das Gegenteil davon, lokale Aufhellungen im Knochengewebe, sind röntgenologischer Ausdruck eines ungünstigeren Verlaufs nach Verletzung der Knochengrenzlamelle.

d. Zystoide Defekte

Im ungünstigeren Fall kommt es über die nun nicht mehr von Knorpel und Knochenendplatte abgefangene Druckbelastung zu Abbau oder Atrophie von Knochengewebe, die sich im Röntgenbild in einer umschriebenen Zone erhöhter Strahlendurchlässigkeit erkennen lassen (WEISS, 1968). Diese häufig als "Knochenzysten" (PETTERSSON u. REILAND, 1969; ZELLER, 1976), auch "Pseudozysten" und "Geröllzysten" (PETTERSSON u. SEVELIUS, 1968; DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ, 1975) bezeichneten Defekte sind mit Detritus aus Knorpel- und Knochenanteilen und Blutbestandteilen gefüllt. Histologisch handelt es sich keineswegs um Zysten, da ihnen eine bindegewebige Hülle fehlt. Man sollte daher, auch in Anlehnung an die neuere angelsächsische Literatur, die den Ausdruck "osseous cystlike lesion" (REID, 1970; STEWART u. REID, 1982) verwendet, von zystoiden Defekten (DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ, 1975) sprechen. NILSSON u. OLSSON (1973) vermeiden diese Ausdrücke und sprechen von "Hohlräumen im subchondralen Knochen" (cavity or concavity

in the subchondral bone).

Die zystoiden Defekten können über einen Kanal mit dem Gelenkspalt in Verbindung stehen. In manchen Fällen soll die Synovialis mit in den Defekt einwachsen (WEISS, 1968; DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ, 1975). Meist umgibt eine Zone verdichteter Knochensubstanz die Aufhellungen in einer Art Knochenschale (WEISS, 1968). Allerdings sind gerade bei den röntgenologisch beschriebenen zystoiden Defekten unterschiedliche morphologische Substrate gefunden worden.

e. Knochennekrose

Multiple zystoide Defekte können Ursache von Zirkulationsstörungen in der knorpelnahen Spongiosa sein und somit Knochennekrosen bedingen. Die von den umschriebenen Knochennekrosen betroffenen Knochenbezirke sind statisch minderwertig und liegen erheblich unter der physiologischen Belastbarkeit. So kommt es in diesen Abschnitten schnell wieder zu Einbrüchen der Knochengrenzlamelle und darauffolgenden Knorpelschäden. Röntgenologisch soll nekrotischer Knochen manchmal um die 8.-10. Woche durch Zunahme der Strahlendichte und unschärfer werdende Konturierung der Knochensubstanz zu erkennen sein (WEISS, 1968). Auf jeden Fall sollte bei lokal gehäuft auftretenden Zystoiden die Möglichkeit einer bestehenden Knochennekrose in den röntgenologischen Befund mit aufgenommen werden.

Klassisches Beispiel für eine subchondrale, hier aseptische Knochennekrose ist die Osteochondrosis dissecans des Femurkopfes bestimmter Hunderassen (DÄMMRICH, 1981).

f. Randwülste und Knochenbuckel

Die verschiedenen Randwülste sind ursprünglich die bekanntesten Veränderungen im Bild der Arthropathia deformans gewesen, denn sie sind röntgenologisch sehr deutlich zu erfassen. Sie treten in Form meist hakenförmiger Fortsätze an der Peripherie von Gelenkflächen als äußere Randwülste oder an Binnenrändern (z.B. an Bandansatzstellen) als Binnen-

randwülste auf. An den genannten Lokalisationen werden besonders große Zugbelastungen wirksam, durch die der Gelenkknorpel besonders geschädigt werden kann. Aus diesem Grund werden besonders häufig in den Randbezirken des Knorpelgewebes Erosionen und Usuren gefunden (McILWRAITH, 1982a). Das Knorpelgewebe reagiert auf die gesteigerte mechanische Belastung mit Proliferation, die sich morphologisch in Ausbildung von knorpeligen Wülsten äußert. Die von WEISS (1968) beschriebene latente Ossifikationsbereitschaft, die unter besonderen Bedingungen in Gang gesetzt werden kann, bewirkt eine Verknöcherung der knorpeligen Grundlage durch enchondrale Ossifikation. Aus den epiphysären Blutgefäßen dringen einzelne Gefäßsprossen über die Kalkknorpelschicht hinaus in den kalklosen Knorpel vor und initiieren die Ossifikation, die nun röntgenologisch in Form von Randwülsten nachweisbar wird.

Eine Sonderform ist der sogenannte Resorptionsrandwulst, der sich an den äußeren Knorpelrändern neben Zonen umschriebenen Substanzverlustes findet. Abbau von Knochengewebe im Bereich des Gelenkkapselansatzes im Gefolge entzündlicher Veränderungen der Gelenkkapsel führt zu partieller Untergrabung des Knorpelrandes und ist so Auslöser der enchondralen Ossifikation.

Die pathogenetischen Vorgänge, die zur Entwicklung von sogenannten Knochenbuckeln führen, sind prinzipiell die gleichen. Die enchondrale Ossifikation kann auch durch Störungen des statischen Gleichgewichts an der Knorpel-Knochen-Grenze ausgelöst werden: dazu können auch kleine Knorpelusuraen, entzündliche Veränderungen des Gelenkknorpels oder partielle Inkongruenz korrespondierender Gelenkflächen beitragen (WEISS, 1968). In ihrer Größe werden diese als umschriebene, knochendichte Herde in die Gelenkfläche hineinragenden Knochenbuckel durch die mechanische Einwirkung der gegenüberliegenden Gelenkfläche begrenzt.

g. Freie Körper

Als Ursachen für die Entstehung der freien Gelenkkörper

werden verschiedene pathogenetische Vorgänge genannt (WEISS, 1968). Sie können zunächst als knorpelige Zubildungen an einem Randwulst entstehen und sich später ablösen oder auch durch Abbruch von einem Randwulst zu einem Corpus liberum werden. Auch im Bereich von Knorpelusuraen können sich unter Belastung Knorpelteilchen ablösen und in die freie Gelenkhöhle gelangen. Ein anderer Entstehungsweg ist die Bildung von Knorpelkörpern in den Synovialis-zotten, insbesondere bei einer entzündlich veränderten Gelenkkapsel, die sich ablösen können oder auch im Verbund mit der Gelenkkapsel bleiben können. Der synoviale Überzug von intraartikulären Gelenkbändern kann auch Entstehungsort solcher Knorpelneubildungen sein. Röntgenologisch sind freie Gelenkkörper erst dann darstellbar, wenn sie verkalken oder verknöchern.

h. Ankylosen

Einander gegenüberliegende Usuren kongruenter Gelenkflächen können durch eine zunächst fibröse Faserbildung den Gelenkspalt überbrücken und so eine Ankylosis intracapsularis erzeugen. Über eine Metaplasie zu Knochengewebe und enchondrale Ossifikation ist die Ausbildung einer knöchernen inneren Ankylose möglich, die besonders bei straffen Gelenken, wie z.B. den Tarsalgelenken, beobachtet wird (WINTZER, 1982). Die Ankylosis capsularis geht oft aus chronischen Entzündungen der Gelenkkapsel zunächst als fibröse, dann als knöcherne äußere Ankylose hervor. Beim Pferd wird sie häufig als Ankylose der Tarsalgelenke und der Zehengelenke beobachtet (WINTZER, 1982) und kann eine mechanische Bewegungseinschränkung des Gelenks bedingen.

i. Exostosen

Die Ausbildung periostaler Auflagerungen gehört streng genommen nicht zu den chronischen Gelenkerkrankungen, da sie meist außerhalb der Gelenkkapsel lokalisiert ist. Da der Entstehungsmechanismus der Exostosen jedoch dem der vorge-

nannten Veränderungen stark ähnelt und periostale Auflagerungen häufig gemeinsam mit chronischen Gelenkerkrankungen beobachtet werden, sollen sie hier kurz erwähnt werden. Durch starke Zugbelastung an Sehnen- und Bandinsertionsstellen kommt es zunächst zu einer akuten Periostitis, die bei gleichbleibender funktioneller Beanspruchung chronisch wird. Nachfolgende Ossifikation in Form von Osteophyten ermöglicht die röntgenologische Darstellung dieser Erkrankung (RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982). Osteophyten werden in Gelenken mit und auch ohne makroskopische Gelenkknorpelschäden beobachtet (MARSHALL, 1969; McILWRAITH, 1982a).

k. Knochenschliffflächen

Die Knochenschliffflächen sind Ausdruck eines subchondralen Umbauvorgangs im Anschluß an Knorpelschliffflächen, wobei einerseits die Zubildung von subchondralem Knochengewebe in Form einer Eburnisation (eburnierte Schliffflächen) betont sein kann, andererseits der Abbau subchondralen Knochengewebes in Form einer Atrophie oder Porose (porotische Schliffflächen) überwiegen kann (WEISS, 1968). Diese Knochenumbauprozesse können im Röntgenbild durch subchondrale Sklerosierung bzw. subchondrale Atrophie charakterisiert sein (RADIN, PAUL u. TOLKOFF, 1970). Wird das pathologische Bild von porotischen Schliffflächen geprägt, können die in Ausnahmefällen eröffneten Markräume sich mit Detritusmassen auffüllen und damit eine mögliche Ursache von zystoiden Defekten sein.

2. Klinisches Bild

Die klinische Untersuchung von Pferden mit Bewegungsstörungen hat das Ziel, den Sitz der Lahmheitsursache zu lokalisieren und, falls möglich, die Ursache der Lahmheit zu bestimmen. Lahmheiten werden durch Schmerz, neuromuskuläre Störungen oder mechanische Hindernisse verursacht (KELLER, 1976). Im Fall der degenerativen Gelenkveränderungen darf in erster Linie der Schmerz als Auslöser von Lahmheiten gelten, während

bei weit fortgeschrittenen Arthrosen (Ankylosen) auch eine mechanische Bewegungseinschränkung möglich ist.

Häufig werden im klinischen Erscheinungsbild der Arthropathia deformans intermittierende Lahmheiten beobachtet, d.h., es wechseln anfallsfreie Perioden mit Zeiten deutlicher Lahmheit ab (DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ, 1975). Verschiedene Autoren bezeichnen das Symptom der intermittierenden Lahmheit auch als klinisches Charakteristikum subchondraler Knochenzystoide (PETTERSSON u. SEVELIUS, 1968; PETTERSSON u. REILAND, 1969; EVANS u. JENNY, 1970; REID, 1970). Bekannt ist auch, daß sich degenerative Gelenkerkrankungen häufig erst bei Belastung deutlich manifestieren, z.B., wenn die Belastung der Pferde nach einer längeren Ruheperiode erfolgt, wie es in ausgeprägter Form bei jungen Pferden der Fall ist (BÖHM u. NAGEL, 1980). STRÖMBERG (1976) bestätigt diese Tatsache, indem er ebenfalls eine Verschlechterung des klinischen Bildes bei jungen Pferden feststellt, wenn sie in Arbeit genommen werden, jedoch nachweislich schon längere Zeit an degenerativen Gelenkveränderungen der betreffenden Gelenke litten. Seltener beschrieben wird das Symptom der intermittierenden Lahmheit bei Hufbeinzystoiden (PETTERSSON u. SEVELIUS, 1968; DIK, 1980; VERSCHOOTEN, 1980). Hier beobachtet man auch plötzlich auftretende Lahmheiten mittleren Grades, die längere Zeit unverändert bestehen bleiben (PETTERSSON u. SEVELIUS, 1968; VERSCHOOTEN, 1980). TROTTER et al. (1982) beschrieben mittelgradige, länger bestehende Lahmheiten ebenfalls bei Krongelenkszystoiden, beobachteten aber auch Zystoide ohne klinische Befunde.

Es ist bekannt, daß die Schwere der pathologisch-anatomischen Veränderungen nicht dem Grad der Krankheitssymptome proportional sein muß (HARTUNG, 1982a; McILWRAITH, 1982a). NILSSON (1973) versuchte eine Korrelation zwischen dem klinischen Symptom "Schmerz", d.h. Lahmheit, und den pathologisch-anatomischen Veränderungen aufzustellen. Er kommt zu dem Ergebnis, daß der Schmerz in degenerativ veränderten Gelenken in fast allen Fällen seinen Ursprung in Läsionen der Gelenkkapsel, meist der Synovialis, findet. Dies gilt insbe-

sondere für oberflächliche degenerative Knorpelschäden, die den subchondralen Knochen nicht mit einbeziehen, wie z.B. Usuren und Schliffspuren, und nach seiner Untersuchung nur wenig mit dem Vorhandensein von Schmerz korrelieren. Auf die Bedeutung der entzündlichen Reaktion der Synovialis für die klinische Manifestierung der degenerativen Arthropathien weisen auch DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ (1975) hin. Zwischen dem Grad der Gelenkknorpelschädigung und dem Grad der Gelenkkapselveränderungen (Synovialis) besteht nach Untersuchungen von NILSSON u. OLSSON (1973) keine Beziehung. Hieraus wird verständlich, daß auch bei ausgedehnten Knorpelläsionen zuweilen klinisch keine Lahmheiten festzustellen sind (McILWRAITH, 1982a).

Diese Diskrepanz besteht ebenfalls zwischen dem Grad der röntgenologisch feststellbaren Veränderungen und dem klinischen Bild der Arthropathia deformans. Auch WINTZER (1976 u. 1982) erwähnt diese Tatsache und schränkt insofern die Aussagefähigkeit des Röntgenbildes für die Prognose ein. ROONEY (1979) nimmt an, daß z.B. Osteophyten und Chip-Frakturen des Fesselbeins prognostisch nicht ungünstiger als Gelenkentzündungen zu beurteilen sind. PETTERSSON u. RYDÉN (1982) kommen ebenfalls zu dem Schluß, daß nicht alle dieser Absprengungsfrakturen zu Lahmheiten führen.

Periostale Auflagerungen in zuweilen massiver Ausprägung werden beim Leist des Pferdes beobachtet, verursachen jedoch häufig keine Lahmheit (RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982; WINTZER, 1982). Das Ausmaß der Zubildungen bei der Krongelenkschale erlaubt ebenfalls nicht immer Rückschlüsse auf eine Wirkung als Lahmheitsursache (WINTZER, 1982).

Für alle Zehengelenkarthrosen gilt, daß die Röntgenuntersuchung zwar einige der pathologischen Gelenkveränderungen deutlich darstellen kann, jedoch nicht immer Hinweise auf den Lahmheitsgrad oder für die prognostische Beurteilung der Arthropathia deformans geben kann (WINTZER, 1976 u. 1982; KERSJES, 1983).

IV. Röntgenologische Untersuchungen zum Krankheitskomplex der Arthropathia deformans der Zehengelenke des Pferdes

Die Aufgabe der Röntgenologie in der Lahmheitsdiagnostik besteht darin, dem Kliniker möglichst frühzeitig Hinweise über die Art von Gelenkveränderungen, deren Grad und Stadium und, wenn möglich, Ätiologie mitzuteilen und ihm so Detailkenntnisse zu vermitteln, die für Prognose und Therapie wichtig sind.

Dabei gewinnen die degenerativen Arthropathien zunehmend an Bedeutung (RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982) und stellen die Gruppe der am häufigsten diagnostizierten Lahmheitsursachen dar (AUER, 1980). Es besteht allerdings das Problem, daß gerade degenerative Gelenkveränderungen sich häufig erst dann röntgenologisch manifestieren, wenn sie schon weit fortgeschritten sind und damit die Prognose ungünstiger wird. Beginnende Schäden, meist in Form von Gelenkknorpeldegeneration, sind mit herkömmlichen röntgenologischen Methoden nicht darstellbar; dagegen sind all die Prozesse, die unter Beteiligung des subchondralen Knochengewebes ablaufen, eher der Röntgenuntersuchung zugänglich. Erkrankungen, die mit Zubildung von Knochengewebe einhergehen oder eine Deformation von Gelenkstrukturen bedingen, sind röntgenologisch gut erfaßbar. Daher sind sie schon sehr früh als degenerative Gelenkerkrankungen erkannt worden und als solche beschrieben worden (v.MÜLLER, 1913; HEINE, 1926).

In der Literatur über degenerative Gelenkveränderungen nehmen die subchondralen Zystoide breiten Raum ein. Sie sind innerhalb des Krankheitsbildes der Arthropathia deformans eine von vielen möglichen Veränderungen und können selbst Ausdruck verschiedener pathologischer Vorgänge sein.

Röntgenologisch sind die Knochenzystoide als umschriebene Aufhellungszonen im umgebenden, strahlendichteren Knochengewebe auch mit der herkömmlichen Röntgenuntersuchung recht gut darstellbar, wenn sie eine genügende Größe erreicht haben. Einheitliche Dichteveränderungen im subchondralen Knochengewebe (Sklerosierung, Atrophie) sind deutliche, oft

nicht genügend beachtete Teilsymptome der Arthropathia deformans beim Pferd, wie HICKMAN bereits 1964 betont.

In der zu diesem Thema vorliegenden Literatur finden sich nur wenige Untersuchungen, die unter rein röntgenologischen Gesichtspunkten abgefaßt sind. Es gibt aber einige Beiträge zum klinischen Bild der Arthropathia deformans, in denen auch röntgenologische Aspekte Erwähnung finden. In diesen Arbeiten fehlen meist detaillierte Angaben zur Röntgenuntersuchung, sodaß sie nur begrenzt Auskunft über röntgenologische Darstellbarkeit der beschriebenen Veränderungen geben können. Auch auf das Problem der Aussagekraft verschiedener angewandter Projektionen wird oft nicht eingegangen. Jedoch geben die verschiedenen, unter röntgenologischen wie klinischen Aspekten abgefaßten Arbeiten einen Überblick über die Verteilung der degenerativen Gelenkerkrankungen auf die Zehengelenke von Pferden.

Nur wenige Autoren erstellen einen Vergleich röntgenologischer und pathologisch-anatomischer Veränderungen der distalen Extremitätengelenke beim Pferd. Es finden sich in diesen Beiträgen jedoch oft Hinweise auf die Möglichkeiten und Grenzen der Röntgenuntersuchung in der Diagnostik degenerativer Gelenkveränderungen.

Da besonders die frühzeitige Erkennung von chronisch degenerativen Gelenkerkrankungen für den Kliniker wichtig ist, hat man durch Erarbeitung neuer Projektionen versucht, die Aussagekraft der Röntgenuntersuchung zu erhöhen.

In den letzten Jahren wurde auf dem Gebiet der Radiologie vermehrt versucht, auch durch andere Untersuchungsmethoden wie z.B. Arthrographie, Xeroradiographie etc. das Spektrum der darstellbaren Erscheinungsformen der Arthropathia deformans zu erweitern.

1. Art und Lokalisation der röntgenologisch beschriebenen Veränderungen

In der Literatur überwiegen zahlenmäßig Berichte über Erkrankungen des Fesselgelenks der Vorderextremität (HAYNES, 1980). Es scheint das am häufigsten erkrankte Zehengelenk von Sportpferden zu sein (ROONEY, 1969; RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982).

Eine bekannte chronisch deformierende Fesselgelenkerkrankung ist die Fesselgelenkschale. Hierbei kommt es im Bereich der periartikulär inserierenden Bänder und Sehnen zu Exostosenbildungen, die unter Beteiligung der Gelenkkapsel zur Ankylosierung des Fesselgelenks führen können (RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982). Freie Körper des Fesselgelenks sind relativ häufig und können aus losgelösten Synovialzotten und Absprengungsfrakturen des dorsalen Fesselbeinrandes entstehen (ROONEY, 1979).

Einige Beachtung finden auch subchondrale Knochenzystoide, denen in den letzten Jahren mehr Bedeutung beigemessen wurde (McILWRAITH, 1982b).

Die in allen gelenknahen, subchondralen Spongiosaabschnitten der Zehengelenke beim Pferd beobachteten Zystoide können, unabhängig von ihrer Lokalisation, von einer Zone sklerotischen Knochens umgeben sein (PETERSSON u. SEVELIUS, 1968; PETERSSON u. REILAND, 1969; REID, 1970; O'BRIEN, 1977; VERSCHOOTEN, 1980; TROTTER u. McILWRAITH, 1981; McILWRAITH, 1982b; NIEBAUER et al., 1982). In einigen Fällen stellten die genannten Untersucher eine Kommunikation der Zystoide mit dem benachbarten Gelenkspalt fest.

Als Ursachen dieser vom röntgenologischen Bild her sich wenig unterscheidenden Veränderungen werden viele pathogenetische Prinzipien diskutiert, die hier kurz aufgeführt werden sollen. Bei jungen Pferden soll es sich nach Meinung verschiedener Autoren, u.a. OLSSON (1982) und McILWRAITH (1982b) um eine Störung der enchondralen Ossifikation mit Ausbleiben der Mineralisation des Gelenkknorpels handeln, in deren Folge "stehengebliebene Knorpelzapfen" im umgebenden strahlen-

dichteren Knochengewebe röntgenologisch als subchondrale Zystoide feststellbar sind.

Außerdem wurden Eindringen von Synovia in den subchondralen Knochen durch einen Knorpeldefekt (LANDELLS, 1953), Knochennekrose nach einem Trauma bei fehlendem Schutz durch normalen Gelenkknorpel (RHANEY u. LAMB, 1955) oder auch bei normalem Gelenkknorpel (DÄMMRICH, 1976) als mögliche Ursachen genannt. Darüberhinaus wurden die Zystoide auch auf purulente Osteoarthritiden (ROONEY, 1969), partielle Überbelastung (ONDROUCH, 1963), metastatische Mikroabszeßbildung (NIEBAUER et al., 1982) und Zirkulationsstörungen (WOODS, 1961) zurückgeführt. Auch ein sekundärer Hyperparathyreoidismus wurde als kausalpathogenetischer Faktor der Zystoide diskutiert (DÄMMRICH, 1967). VERSCHOOTEN (1980) und VERSCHOOTEN und DeMOOR (1982) halten ein direktes Trauma für den wahrscheinlichsten ätiologischen Faktor und bezeichnen daher die Zystoide als "posttraumatic subchondral cystic lesions".

An dieser Stelle sei noch erwähnt, daß Fohlen mit infektiösen Polyarthritiden zu hohen Prozentsätzen gleichzeitig Osteomyelitiden aufweisen und bei bestimmten Krankheitsbildern auch subchondrale Knochenzystoide erkennen lassen, die den im folgenden beschriebenen Zystoiden morphologisch stark ähneln (DIK, 1981; FIRTH, 1983).

Betrachtet man bei der Frage nach dem Auftreten röntgenologischer Veränderungen des Fesselgelenks zunächst den distalen Metacarpus, so müssen die dort beobachteten Zystoide nach Lokalisation und Form unterschieden werden (McILWRAITH, 1982b; O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER, 1981). Es werden am dorsalen Abschnitt des Metacarpus meist typisch sphärische Zystoide beobachtet, während die im palmaren Abschnitt des Metacarpus lokalisierten Zystoide teilweise oval oder sichelförmig geformt sind (O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER, 1981). O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER beschreiben 21 derartiger Zystoide, die sie dem Krankheitsbild der gullwing-arthritis (s. auch ROONEY, 1969 und HORNOF u. O'BRIEN, 1980) zuordnen, und nennen 6 verschiedene

Zystoidformen: sichelförmig, abgeflacht, oberflächlich konkav, tief konkav, oval und rund. Bei den konkav geformten Läsionen stellten die Autoren eine Kommunikation mit dem Gelenkspalt fest. Die Größe der beschriebenen Zystoide schwankt in der Länge von 6-25 mm und in der Tiefe von 2-17 mm. Die palmare Gelenkflächenkontur des Metacarpus war in acht Fesselgelenken konkav und in vier Gelenken abgeflacht; bei 20 der 21 Fälle beobachteten die Autoren weitere Röntgenbefunde wie periartikuläre Osteophyten am distalen Metacarpus und proximalen Fesselbein, Randerosionen am dorsalen Rand des Metacarpus und Verschmälerung des Fesselgelenkspalts. Vier der 21 untersuchten Gelenke zeigten Osteophytenbildung an der Basis der Gleichbeine.

Auch McILWRAITH (1982b) beschreibt verschiedene Fälle von subchondralen Zystoiden in den Zehengelenken von Pferden, die er in Zusammenhang zur Osteochondrosis dissecans stellt. HORNOF, O'BRIEN u. POOL (1981) beschäftigen sich im Rahmen ihrer Untersuchungen zur "Osteochondritis dissecans des distalen Metacarpus beim adulten Vollblutrennpferd" hauptsächlich mit der Pathogenese der gullwing-arthritis. Sie verglichen eine Gruppe von gesunden Rennpferden und eine Gruppe von gesunden Pferden, die keine Rennen laufen, mit zwei an gullwing-arthritis erkrankten Pferden, die palmar im distalen Metacarpus lokalisierte Zystoide aufwiesen. Bei der Untersuchung der gesunden (Renn-)Pferde fielen jedoch lediglich geringe arthrotische Veränderungen und selten eine Abflachung der Kondylenkontur auf.

O'BRIEN (1977) untersuchte serienmäßig 43 Fesselgelenke und beobachtete im distalen Metacarpus ebenfalls subchondrale Zystoide, die zum Teil unter 10 mm im Durchmesser, zum Teil aber auch 20-40 mm im Durchmesser groß waren und sowohl palmar als auch dorsal lokalisiert waren. Der häufigste Befund dieser Untersuchung waren periartikuläre Osteophyten des Fesselgelenks, die zum Teil am dorsalen Rand des Metacarpus, am Endpunkt des Sagittalkamms, jedoch auch auf dem dorsalen Abschnitt des Sagittalkamms und am dorsalen Rand des Fessel-

beins beobachtet wurden. Eine Abflachung der Kondylenkontur des Metacarpus wird auch hier als röntgenologischer Befund genannt; sie wurde mit und ohne gleichzeitiges Auftreten subchondraler, palmar gelegener Zystoide festgestellt.

Als weiterer Röntgenbefund wird noch eine Abflachung des Sagittalkamms des Metacarpus genannt.

In einer Arbeit über "posttraumatische, subchondrale Zysten" beschreibt VERSCHOOTEN (1980) 58 Zystoide, von denen jedoch nur zwei im distalen Metacarpus lokalisiert waren.

Die Publikationen der Autoren PETTERSSON u. REILAND (1969) und PETTERSSON u. SEVELIUS (1968) gehören mit zu den ersten Mitteilungen über subchondrale Knochenzystoide beim Pferd. Im distalen Metacarpus beobachteten sie diese Veränderung jedoch nicht.

In einer serienmäßigen Untersuchung an 86 Schlachtpferden beobachteten NILSSON u. OLSSON (1973) röntgenologische Veränderungen bevorzugt am Fesselgelenk, stellten hier aber keine Zystoide fest. Es handelte sich in ihrem Material fast ausschließlich um Gleichbeinveränderungen.

Von verschiedenen Autoren wurden auch Zystoide beschrieben, die in proximalen Fesselbeinabschnitten gelegen sind (PETTERSSON u. SEVELIUS, 1968; PETTERSSON u. REILAND, 1969; ROONEY, 1969; REID, 1970; VERSCHOOTEN, 1980; McILWRAITH, 1982b). Nur selten werden genaue Beschreibungen über Aussehen und Größe der Zystoide gegeben; lediglich VERSCHOOTEN (1980) erwähnt, daß die von ihm in dieser Lokalisation festgestellten Zystoide im Durchmesser 12 mm oder kleiner waren. Von 58 zystoiden Defekten beobachtete VERSCHOOTEN 7 im proximalen Fesselbein, von denen etwa die Hälfte in der Sagittalrinne lokalisiert war.

Als weitere röntgenologische Veränderungen des Fesselgelenks werden in der Studie von O'BRIEN (1977) neben den Osteophyten am dorsalen Gelenkrand auch Veränderungen in der Trabekelzeichnung des proximalen Fesselbeins, besonders in dessen dorsalem Abschnitt, wie Verdichtung und Auflockerung

der Spongiosa aufgeführt.

In einer Studie von MILNE (1972) wurde von 1354 Gewinnern auf den Rennbahnen Ontarios jeweils das linke, vordere Fesselgelenk röntgenologisch untersucht. MILNE stellte bei 283 Pferden röntgenologische Veränderungen fest, von denen in 191 Fällen der distale Metacarpus betroffen war und in 120 Fällen das proximale Fesselbein. Als Röntgenbefund nennt er "osselet formation", die bei 189 Pferden am distalen Metacarpus und bei 100 Fesselgelenken am proximalen Fesselbein beobachtet wurde. Als "osselet" werden in der angelsächsischen Literatur alle vorkommenden Zubildungen auf der Dorsalfläche im Bereich des gesamten Fesselgelenks bezeichnet, dazu zählen auch Exostosen im Bereich der Insertionsstelle des seitlichen Zehenstreckers (GRANT, 1982).

ROONEY (1969) definiert "osselets" als zunächst fibröse, später auch verkalkende Veränderung der Synovialmembran und periartikulärer Bezirke der Fesselgelenkkapsel.

BÖHM u. NAGEL (1980) kamen in einer Erhebung über röntgenologische Veränderungen im Sinne degenerativer Gelenkerkrankungen bei jungen Pferden, die noch nicht gearbeitet wurden, zu folgenden Ergebnissen: in einer Gruppe, die sich aus Fohlen bis zum Alter von 2 Jahren zusammensetzt, wiesen 16% der Pferde degenerative Veränderungen des Fesselgelenks auf. Pferde im Alter von 2 bis 3 1/2 Jahren, die eine zweite Gruppe bilden, wiesen zu 34% degenerative Fesselgelenksveränderungen auf. Die anderen Zehengelenke des Untersuchungskollektivs zeigten diese Röntgenbefunde zu wesentlich geringeren Prozentsätzen.

Die chronisch deformierende Arthrose des Krongelenks, die Krongelenksschale, ist eine Erkrankung, die von Osteophytenbildung im Bereich des Krongelenks gekennzeichnet ist (WINTZER, 1982). Im Verlauf dieser Erkrankung kann es durch kontinuierliche Zubildung von Knochengewebe zur Ankylose des Krongelenks kommen. Als Leist bezeichnet man Osteophytenbildungen an den Bandansatzstellen des Fesselbeins, die besonders an den Vordergliedmaßen beobachtet werden (RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982). Gerade diese periostalen Aufla-

gerungen verursachen trotz erheblichen Umfangs oft keine Lahmheiten und sind manchmal röntgenologische Zufallsbefunde (RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982).

Subchondrale Knochenzystoide finden sich auch in den knöchernen Krongelenksanteilen. In den Untersuchungen von PETERSSON u. SEVELIUS (1968) und PETERSSON u. REILAND (1969) werden Zystoide des Krongelenks wesentlich häufiger als für die anderen Zehengelenken genannt. In beiden Studien stellen die Krongelenkszystoide mehr als die Hälfte der dort beschriebenen Zystoide dar.

Das distale Fesselbein wies dabei wesentlich häufiger zystoide Defekte als das proximale Kronbein auf. Die Größe der strahlendurchlässigen Knochendefekte schwankte von 5x10 mm (Tiefe x Länge) bis hin zu 15x20 mm bei einem Kronbeinzystoid. Die Mehrheit der Zystoide war jedoch annähernd sphärisch geformt mit Durchmessern um 10 mm. Einzig PETERSSON u. SEVELIUS (1968) beobachteten in proximalen Kronbeinabschnitten eins der kleinsten in der Literatur beschriebenen Zystoide in der Größe von 2x3 mm.

Im Gegensatz dazu stellte VERSCHOOTEN (1980) nur 9 von 58 Zystoiden in den knöchernen Krongelenksanteilen fest. Auch hier war das distale Fesselbein wesentlich häufiger als das proximale Kronbein betroffen. Bezüglich der Größe der Zystoide stellt der Autor lediglich fest, daß Fesselbeinzystoide kleiner als 12 mm im Durchmesser waren und Kronbeinzystoide zwischen 5 und 10 mm im Durchmesser betrugen.

REID (1970) beobachtete ebenso wie MCILWRAITH (1982b) im Krongelenk subchondrale Knochenzystoide, ohne jedoch deren genaue Größe, Lokalisation und Aussehen anzugeben.

MCILWRAITH (1982b) erwähnt in seiner Arbeit über subchondrale Knochenzystoide auch Krongelenkszystoide bei jungen Pferden, die häufiger in distalen Fesselbeinanteilen als im proximalen Kronbein lokalisiert waren. Eine genaue Beschreibung dieser degenerativen Erkrankung des Krongelenks geben TROTTER et al. (1982). Es handelt sich um sechs junge, unter 3 Jahre alte Pferde, die deutliche arthrotische Veränderungen eines oder

beider hinterer Krongelenke bei der Röntgenuntersuchung aufwiesen. In 5 dieser Gelenke beobachteten die Autoren subchondrale Zystoide des distalen Fesselbeins, die bis auf eine Ausnahme eine gut begrenzte, runde Form hatten und deren Größe von 3 mm bis hin zu 10 mm im Durchmesser schwankte. Histologisch konnte in Umgebung dieser Zystoide, wie es auch bei Zystoiden adulter Pferde beobachtet wird, eine osteosklerotische Verdichtungszone festgestellt werden. Periostale Auflagerungen auf distalen Fesselbein- und proximalen Kronbeinabschnitten, sowie "Randwulstbildung" am Kronbein lauteten die Röntgenbefunde, die TROTTER et al. (1982) bei allen untersuchten Pferden erhoben.

In einer Untersuchung von NIEBAUER et al. (1982) fanden sich 3 von 10 festgestellten Zystoiden in der Trochlea des Fesselbeins, jedoch keines in proximalen Kronbeinanteilen. Diese Zystoide hatten nicht alle eine rundliche Form, sondern waren zum Teil schmal und länglich geformt. Die Größe der in dieser Arbeit beschriebenen Zystoide lag auch bei etwa 10 mm im Durchmesser.

BÖHM u. NAGEL (1980) stellten in ihren Röntgenuntersuchungen von Pferden bis zum Alter von 2 Jahren bei 1% der Pferde degenerative Krongelenkveränderungen fest, während in der Gruppe älterer Tiere von 2 bis 3 1/2 Jahren sogar 3% Anzeichen einer degenerativen Gelenkerkrankung aufwiesen.

Dagegen fanden NILSSON u. OLSSON (1973) in ihrer Serienuntersuchung der Zehengelenke von Schlachtpferden bei keinem Pferd röntgenologische Veränderungen im Bereich des Krongelenks.

Die Arthrose des Hufgelenks ist, ebenso wie in den anderen Zehengelenken, von Exostosenbildung, periartikulären Auflagerungen und Randwulstbildung gekennzeichnet (RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982). Am dorsalen Gelenkrand im Bereich des Processus extensorius werden häufig freie Körper beobachtet, die auch als Frakturfragmente des Processus extensorius angesprochen werden (WINTZER, 1982). Nach RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC (1982) ist die Randwulstbildung am dor-

salen Gelenkrand des distalen Kronbeins als deutliches Anzeichen einer Podarthrose zu werten.

BÖHM u. NAGEL (1980) beobachteten bei jungen, unter 2 Jahre alten Pferden etwa zu 1% röntgenologische Anzeichen einer degenerativen Gelenkerkrankung des Hufgelenks und zu 2% bei 2 bis 3 1/2 Jahre alten, nicht gearbeiteten Pferden.

Hufgelenkszystoide werden häufiger im Hufbein als im distalen Kronbein beobachtet, sind meist in der Mitte des Hufbeins, im Bereich des Processus extensorius lokalisiert und weisen oft eine Kommunikation zum Hufgelenkspalt auf (DIK, 1980; VERSCHOOTEN, 1980; VERSCHOOTEN u. DeMOOR, 1982). Von 58 Zystoiden, die VERSCHOOTEN (1980) in seiner Arbeit anführt, ist allein ein Drittel in den knöchernen Hufgelenkanteilen lokalisiert.

PETTERSSON u. SEVELIUS (1968) fanden in ihrem Untersuchungsmaterial etwa zu einem Drittel Hufgelenkszystoide, während PETTERSSON u. REILAND (1969) und REID (1970) auf kleinere Anteile kamen. In allen genannten Studien überwiegen jedoch deutlich die Hufbeinzystoide gegenüber den Kronbeinzystoiden und sind mit Abmessungen bis hin zu 25 mm im Durchmesser zumeist auch erheblich größer als diese (PETTERSSON u. SEVELIUS, 1968; VERSCHOOTEN, 1980). Die in der Literatur beschriebenen zystoiden Defekte der distalen Kronbeinabschnitte gehören mit einem Durchmesser von 5-10 mm zu den kleineren, auf Routineaufnahmen festgestellten subchondralen Knochenzystoiden (VERSCHOOTEN, 1980).

NILSSON u. OLSSON (1973) fanden bei einem kleinen Teil der von ihnen untersuchten Schlachtpferde röntgenologische Veränderungen im Bereich des Hufgelenks, die jedoch überwiegend das Hufbein betrafen. Es handelte sich hierbei meist um einen ausgezogenen, in wenigen Fällen auch frakturierten Processus extensorius und selten um einen typischen Rehehuf. Außer diesen Röntgenbefunden nennen NILSSON u. OLSSON (1973) Hufknorpelverknöcherungen und Strahlbeinveränderungen bei einer kleinen Anzahl von Hufgelenken. Zystoide stellten sie nicht fest.

2. Zusammenhänge zwischen dem röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Bild

Eine ausführliche vergleichende Publikation röntgenologischer und pathologisch-anatomischer Veränderungen distaler Gelenke des Pferdes liegt von NILSSON u. OLSSON (1973) vor. Die schon röntgenologisch erfaßten Läsionen, hauptsächlich an Gleichbeinen und Hufbein, wurden durch die pathologisch-anatomische Untersuchung im wesentlichen bestätigt. Darüberhinaus beobachteten die Autoren Veränderungen in Gelenkknorpel und Gelenkkapselstrukturen von Fessel- und Hufgelenk. An Knorpelveränderungen werden Verlust des Glanzes und stärkere Gelbfärbung in einer Anzahl von Gelenken genannt. Ausgeprägte Veränderungen dieser Art beobachteten sie im distalen, palmaren bzw. plantaren Abschnitt von Metacarpus bzw. Metatarsus, den sie als "butterfly area" bezeichnen. Diese "butterfly area" entspricht der Artikulationsfläche des distalen Metacarpus/Metatarsus mit den Gleichbeinen (McILWRAITH, 1982a). Sie ist von der anterioren Gelenkflächenhälfte durch einen Transversalkamm getrennt und weist eine dünnere Knorpelschicht als die anterioren Anteile auf (NILSSON u. OLSSON, 1973; STEDE, PREUSS u. STEDE, 1977; HORNOF u. O'BRIEN, 1980).

Bei der Hälfte der untersuchten Fesselgelenke beobachteten NILSSON u. OLSSON (1973) Anzeichen degenerativer Gelenkknorpelalterationen, die sie in "wearings", "wear lines" und "erosions" unterteilen. "Wear lines" (Schliffspuren) sind parallele Streifen von unterschiedlicher Tiefe, die im Gelenkknorpel in anterior-posterior Richtung verlaufen (ROONEY, 1969). "Erosions" sind meist rundlich-oval geformte Defekte im Gelenkknorpel, die in 2 bevorzugten Lokalisationen, nämlich zentral auf der Gelenkfläche und am dorsalen Rand, beiderseits der Sagittalrinne, beobachtet werden. Die "wearings" wurden als oberflächliche Erosionen charakterisiert.

Am weitest häufigsten kamen die Schliffspuren vor: die Autoren stellten sie jeweils bei fast einem Viertel der vorderen bzw. der hinteren Fesselgelenke fest. Degenerationen

in Form von "wearings" und "erosions" wurden in über einem Fünftel der Fesselgelenke gefunden, wobei der Hauptanteil am dorsalen Rand des Fesselbeins lokalisiert war. Diese peripher lokalisierten Läsionen waren im allgemeinen weniger schwerwiegend als die zentralen "erosions" ausgeprägt, die nur in 5 Fesselgelenken gesehen wurden. In einigen Gelenken mit peripheren Erosionen auf der proximalen Fesselbeingelenkfläche wiesen die gegenüber liegenden Abschnitte von Metacarpus und Metatarsus diese Veränderungen ebenfalls auf. Sogenanntes knorpeliges "lipping" der Gelenkoberfläche begleitete in einigen Fesselgelenken "wear lines" und "erosions", während echte Osteophyten nicht beschrieben werden.

Ausschließlich in den distalen palmaren bzw. plantaren Abschnitten von Metacarpus und Metatarsus kamen sogenannte "round concavities" vor, die alle medial oder lateral des Sagittalkamms am Beginn des Transversalkamms in der sogenannten "butterfly area" lagen. Meistens wurden sie in veränderten Gelenken medial und lateral des Sagittalkamms gleichzeitig beobachtet. Die Größe dieser Konkavitäten schwankte von 2 bis 6 mm im Durchmesser und 1 bis 2 mm in der Tiefe. Diese Läsionen wurden in fast einem Viertel der Gelenke vorne und hinten beobachtet, und sie hatten, den Autoren zufolge, keine Ähnlichkeit mit den Synovialgruben. Aus histologischen Schnitten dieser Defekte ging die Beteiligung des subchondralen Knochens hervor, die auch auf Röntgenstrukturaufnahmen von entsprechenden Knochenscheiben deutlich wurde. Mit Hilfe dieser Methoden wurde nachgewiesen, daß die runden Konkavitäten von einer Zone sklerotischen Knochengewebes umgeben waren und zum Teil große Gefäßkanäle auf sie zu konvergieren.

Veränderungen der Gelenkkapsel wurden bei 44 Fesselgelenken notiert, wobei in erster Linie die Synovialis betroffen war. Gelenke, bei denen die Synovialis in Form von Hypertrophie der Villi und Hyperämie geschädigt war, zeichneten sich meist durch eine insgesamt verdickte Gelenkkapsel aus. Weiterhin stellten NILSSON u. OLSSON (1973) eine Korrelation zwischen

Gelenkkapselveränderungen und Knorpelläsionen fest. Fast alle Gelenke mit mittelgradigen oder schweren Kapselveränderungen wiesen auch Knorpelschädigungen auf.

Dagegen wurden an Krongelenkstrukturen, entsprechend den Röntgenbefunden, auch bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung keinerlei Veränderungen festgestellt. Auch bei der makroskopischen Untersuchung des Hufgelenks bestätigten sich die röntgenologischen Befunde. Darüberhinaus wurde bei einer Extremität eine Kerbe im Zentrum der Hufgelenkfläche auf der Röntgenaufnahme beobachtet, die sich makroskopisch als ein Defekt im subchondralen Knochen erwies, der von degeneriertem Gelenkknorpel bedeckt war.

Periartikuläre Osteophyten werden von NILSSON u. OLSSON (1973) im Gegensatz zu anderen Autoren nicht beschrieben.

HORNOF u. O'BRIEN (1980) griffen in einer Untersuchung über Veränderungen des palmaren distalen Metacarpus die von NILSSON u. OLSSON (1973) im Bereich der "butterfly area" geschilderten Beobachtungen auf. Im makroskopischen Teil ihrer Untersuchungen von großen, palmar gelegenen Defekten im Metacarpus stellten sie fest, daß für die im Röntgenbild gefundenen strahlendurchlässigen Defekte und die unregelmäßige Kondylenkontur Gelenkknorpelulzerationen und subchondrale Knochennekrosen verantwortlich waren. Das makroskopische Bild der Knorpelläsionen am eröffneten Gelenk hat dieser Arthroseform die Bezeichnung "gullwing-arthritis" (Möwenschwingenarthrose) eingebracht. Die Autoren vermuten, daß die im Röntgenbild beobachteten morphologisch unterschiedlichen Läsionen mit bestimmten Veränderungen im subchondralen Knochen korrelieren und vielleicht mit dem Stadium der Erkrankung verknüpft sind.

Die im Röntgenbild sichelförmig, abgeflacht, oval oder rund erscheinenden zystoiden Defekte schienen im Gegensatz zu den konkav geformten Läsionen, die eine Verbindung zum Gelenkspalt hatten, Ausdruck weniger schwerwiegender Knochen degenerationen zu sein.

Die Gelenkflächen der Gleichbeine, die mit dem palmaren Teil

des distalen Metacarpus artikulieren, können bei der "gullwing arthrosis" ähnliche Knorpelschäden wie der Metacarpus aufweisen oder auch ein völlig normales Bild zeigen (ROONEY, 1969; HORNOF u. O'BRIEN, 1980).

O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER (1981) fanden bei 20 von 21 untersuchten Fesselgelenken periartikuläre Osteophyten an distalen Abschnitten des Metacarpus, proximalen Fesselbeinbezirken und Gleichbeinen. Weiter beobachteten sie hier Randerosionen auf der dorsalen Fläche des distalen Metacarpus sowie Verschmälerungen des Gelenkspalts und bezeichnen die Gesamtheit dieser die "gullwing arthrosis" begleitenden Veränderungen als "secondary joint disease". Anzeichen dieser Art wurden besonders bei den flach oder tief konkav geformten Läsionen beobachtet. Allein an der Basis der Gleichbeine kamen in 14 Gelenken periartikuläre Osteophyten vor. Die größten Osteophyten wurden in den Gelenken mit den größten Oberflächendefekten (surface defects) festgestellt.

HORNOF, O'BRIEN u. POOL (1981) verglichen in einer anderen Untersuchung zwei adulte Rennpferde mit gullwing-arthrosis, die sie hier als "osteocondritis dissecans of the distal metacarpus" bezeichnen, mit 11 gesunden adulten Rennpferden. Während die beiden erkrankten Vollblüter auf den Röntgenaufnahmen deutliche Aufhellungen im distalen Metacarpus aufwiesen, zeigten die gesunden Pferde nur geringe arthrotische Veränderungen des Fesselgelenks, die die Autoren nicht näher erläutern. Eine Abflachung der Palmarkontur des distalen Metacarpus wurde nur einmal und zwar bei einem gesunden Pferd gefunden. Bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung stellte die Arbeitsgruppe bei den klinisch erkrankten Pferden ausgedehnte Ulzerationen des Gelenkknorpels im Bereich des Transversalkamms fest, die auch in den subchondralen Knochen reichten. Fünf der klinisch gesunden Pferde wiesen im Bereich des Transversalkamms ähnliche Läsionen auf, die mit Hilfe der Röntgenstrukturanalyse näher beschrieben wurden. Es handelte sich um Bezirke von totem Knochen, der von weiten Ge-

fäßkanälen im benachbarten Knochengewebe umgeben war und von geringgradig verändertem, nicht eingebrochenen Gelenkknorpel bedeckt wurde. Darüberhinaus wiesen alle anderen untersuchten Rennpferde mindestens an einem Metacarpus Gelenkknorpelalterationen im Bereich des Transversalkammes auf. Mit Ausnahme der Präparate eines Pferdes zeigten alle Röntgenstrukturaufnahmen Normabweichungen der subchondralen Spongiosa, die dichter und dicker als auf dem Normalbild gezeichnet war und histologisch mehr das Aussehen von Kortikalis hatte.

Erklärtes Ziel von O'BRIEN (1977) war es, Korrelationen zwischen röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Befunden des Fesselgelenks bei Pferden aufzustellen. Er kam auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß die meisten Läsionen in bestimmten Regionen des Fesselgelenks lokalisiert sind, nämlich in der Gelenkkapsel, den dorsalen und palmaren Teilen des distalen Metacarpus, in den distalen und proximalen periartikulären Zonen der Gleichbeine und im dorsalen Teil des Fesselbeins. So konnte eine die Verdickung der Gelenkkapsel anzeigende intrakapsuläre Weichteilschwellung auf der Höhe des Fesselgelenkspalts bei fast allen Gelenken mit pathologisch-anatomischen Veränderungen röntgenologisch festgestellt werden. Derartige intrakapsuläre Weichteilschwellungen sollten deshalb nach O'BRIEN als Anzeichen schwerwiegender Knorpel- und Knochenläsionen gewertet werden.

Im dorsalen Bereich des distalen Metacarpus waren nach O'BRIEN (1977) sowohl röntgenologisch als auch makroskopisch vielfältige Veränderungen zu erkennen. Hierbei gilt allgemein, daß im Röntgenbild Läsionen weniger häufig gesehen werden können. An Röntgenbefunden in dieser Lokalisation nennt der Autor Osteophytenbildung, periartikulär und subchondral gelegene strahlendurchlässige Zonen, Weichteilschwellung, Abflachung von Sagittalkamm und Kondylenoberfläche und periostale Knochenzubildungen. Die röntgenologisch festgestellte Abflachung von Sagittalkamm und Kondylenoberfläche des Metacarpus erwies sich in der pathologisch-anatomischen Untersuchung

als Indikator für Knorpelulzerationen. Die Osteophyten wurden am dorsalen Ende des Sagittalkamms beobachtet.

Auch O'BRIEN (1977) stellte in einigen Gelenken die schon erwähnten "wear lines" fest, die, parallel angeordnet, die Gelenkfläche überziehen.

Der palmare Teil des distalen Metacarpus wies als röntgenologischen Befund in dieser Untersuchung in erster Linie eine Abflachung der Kondylenoberfläche auf, die in manchen Fällen mit subchondralen, vermehrt strahlendurchlässigen Defekten vergesellschaftet war. Zudem beobachtete O'BRIEN bei großen, den Gelenkknorpel durchbrechenden Defekten an dieser Stelle im Röntgenbild einen Verlust der normalen Trabekelstruktur in den palmaren Abschnitten des Metacarpus. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der makroskopischen Untersuchung kommt O'BRIEN zu dem Schluß, daß Pferde mit einer röntgenologisch feststellbaren Abflachung der palmaren Kontur des Metacarpus ausgedehnte Gelenkknorpelschäden und subchondrale Knochendefekte haben.

Röntgenologische Befunde der Gleichbeine beschränkten sich auf periartikuläre Osteophyten, während makroskopisch gelegentlich Schliffspuren auf den Gleichbeingelenkflächen beobachtet wurden. Bei den Fesselbeinstrukturen legte O'BRIEN (1977) das Hauptaugenmerk auf den dorsalen Gelenkrand. Hier stellte er, jeweils auf beiden Seiten der Sagittalrinne, Osteophyten fest. In der pathologisch-anatomischen Untersuchung erwiesen sich diese knöchernen Zubildungen entgegen dem röntgenologischen Befund häufig als frakturiert. Erhöhte Strahlendichte mit Verlust der Trabekelzeichnung im dorsalen Fesselbeinabschnitt auf dem Röntgenbild korreliert nach O'BRIEN direkt mit dem Grad der Zerstörung des Gelenkknorpels. Die Ausdehnung dieser Knorpelschäden nach palmar soll von stärkerer Unregelmäßigkeit des periartikulären Randes des Fesselbeins auf Röntgenaufnahmen angezeigt werden. Außerdem schien die erhöhte Strahlendichte der dorsalen Fesselbeinregion ebenfalls Ulzerationen im Gelenkknorpel des Metacarpus anzuzeigen. O'BRIEN erwähnt in seiner Arbeit nicht, wie die zahlenmäßige

Verteilung der Veränderungen auf die beschriebenen Gelenkabschnitte war.

Über einen Fall von Osteochondrosis dissecans bei einem einjährigen Pferd berichten HOFMANN u. SCHÖNBAUER (1982). Bei der Röntgenuntersuchung zeigten sich in beiden vorderen Fesselgelenken gleichartige Veränderungen: unscharf konturierte Gelenkflächen, schattengegebende Auflagerungen am distalen Metacarpus, lakunenartige Aufhellungszonen am lateralen Fesselbeinplateau und sanduhrförmige Einziehungen im Bereich der Epiphyse. Als pathologisch-anatomische Befunde werden zahlreiche Knorpelusuren mit bis in die Spongiosa reichenden Zusammenhangstrennungen und ein lateral der Medianebene des Fesselbeins gelegenes Zystoid genannt. Dieser zystoide Defekt kommunizierte über einen Knorpeldefekt mit dem Gelenkspalt. Über die Größe des Zystoids werden keine Angaben gemacht.

TROTTER et al. (1982) untersuchten einige der Krongelenke mit Fesselbeinzystoiden makroskopisch und stellten in allen Fällen tiefe Gelenkknorpelläsionen auf beiden Gelenkflächen fest.

NIEBAUER et al. (1982), die ebenfalls Zystoide verschiedener Lokalisation bei Jungtieren beschreiben, konnten einige der Gelenke auch makroskopisch untersuchen. Häufig wies der Gelenkknorpel, der das Zystoid bedeckte, nur einen stecknadelkopfgroßen Defekt auf; seltener wurde eine umfangreichere Knorpelläsion (bis zu 4 mm) beobachtet.

V. Untersuchungen zur Aussagekraft röntgenologischer Methoden in der Diagnostik degenerativer Gelenkveränderungen beim Pferd

Genaue Angaben über die bei der Röntgenuntersuchung verwendeten Projektionen finden sich nur bei wenigen Autoren, und nur selten werden Hinweise auf den Aussagegehalt der verschiedenen Röntgenaufnahmen gegeben.

An der School of Veterinary Medicine, University of California, Davis, Kalifornien, werden in der Routineuntersuchung der distalen Extremitätenabschnitte beim Pferd von jeder Gliedmaße 5 verschiedene Röntgenaufnahmen in folgenden Projektionen angefertigt: anterior-posterior, latero-medial, gebeugt latero-medial und 2 Schrägaufnahmen mit jeweils 25° Abweichung von der medialen bzw. lateralen hin zur anterior-posterior Richtung (APLMO: anterior-posterior, latero-medial oblique und APMLO: anterior-posterior, medial-lateral oblique) (O'BRIEN, 1977; HORNOF u. O'BRIEN, 1980; O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER, 1981).

O'BRIEN (1977) bezeichnet in seiner Arbeit über Veränderungen des Fesselgelenks die latero-mediale und die gebeugte latero-mediale Aufnahme als die aussagekräftigsten Projektionen. Die im distalen Metacarpus palmar gelegenen subchondralen Läsionen sind in diesen Projektionen bis zu einer Größenordnung von etwa 10 mm im Durchmesser zu erfassen, während die Schrägaufnahmen sogar Läsionen von 2-4 cm im Durchmesser nur in manchen Fällen erkennen lassen. Die anterior-posterior Aufnahme ist für die Darstellung dieser Läsionen nach O'BRIEN völlig ungeeignet.

O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER (1981) geben an, daß die palmar gelegenen subchondralen Defekte im distalen Metacarpus mindestens 10 mm lang und 6 mm tief sein müssen, um in der anterior-posterior Aufnahme entdeckt zu werden. Die Autoren sahen die Läsionen auf Schrägaufnahmen nur dann, wenn sie länger als 10 mm waren.

Aus einer anderen Arbeit der genannten Autoren (HORNOF u. O'BRIEN, 1980), die die Erläuterung einer neuen Projektion zur Erkennung der palmar gelegenen Zystoide im distalen Meta-

carpus zum Ziel hat, wird auch auf das Ausmaß der palmaren, subchondralen Defekte Bezug genommen. Läsionen, die sich weniger als 5 mm tief in den subchondralen Knochen hinein erstreckten, konnten auf keiner der verschiedenen Röntgenaufnahmen gesehen werden. Auch in dieser Arbeit betonen die Autoren, daß derartige Läsionen am ehesten auf der latero-medialen und der gebeugten latero-medialen Aufnahme zu entdecken sind. Eine neue Projektion, die "125 degree dorsopalmar metacarpal skyline projection" (125° DPMS), erwies sich in den Versuchen von HORNOF u. O'BRIEN (1980) als geeignet, einen auf Grund der latero-medialen Aufnahme erhobenen Verdacht auf gullwing-arthrosis zu erhärten. Außerdem ließe sich mit dieser Aufnahmetechnik ungefähr die Größe der Veränderungen und deren Lokalisation auf dem medialen oder lateralen Kondylus bestimmen. Palmar lokalisierte strahlendurchlässige Läsionen des distalen Metacarpus, für die auf den genannten 5 Routineaufnahmen keine Verdachtsmomente gefunden wurden, konnten auch nicht mit der 125° DPMS Projektion erfaßt werden. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, daß derartige Veränderungen von weniger als 5 mm Tiefe sich der röntgenologischen Darstellbarkeit vollständig entziehen. O'BRIEN (1977) bezeichnet für die Darstellung von Veränderungen der subchondralen Knochenstruktur in dorsalen, proximalen Fesselbeinabschnitten ebenfalls die latero-mediale und die gebeugte latero-mediale Aufnahme als die am besten geeigneten Projektionen. Die von PETERSSON u. SEVELIUS (1968) beschriebenen subchondralen Zystoide variierten, wie oben erwähnt, in ihrer Größe recht stark. Sie beschrieben eins der kleinsten, röntgenologisch festgestellten Zystoide, das in der proximalen Gelenkfläche des Kronbeins lokalisiert war und eine Größe von 2x3 mm hatte. Die übrigen in dieser Untersuchung genannten Zystoide waren um 10 mm im Durchmesser groß; lediglich ein kleinerer zystoider Defekt von 7 mm im Durchmesser im proximalen Fesselbein und ein Hufbeinzystoid von 5 mm im Durchmesser bildeten die Ausnahmen.

VERSCHOOTEN (1980) ergänzt die Beschreibung der "post-traumatischen subchondralen Cysten" nur in einigen Fällen mit Angaben über deren Größe und nennt keine röntgentechnischen Daten. Die Größe der im distalen Metacarpus lokalisierten Zystoide wird nicht angegeben, die im proximalen Fesselbein lokalisierten Zystoide waren nicht größer als 12 mm im Durchmesser, die Kronbeinzystoide schwankten in ihrer Größe von 5-10 mm im Durchmesser, und bei den Hufbeinzystoiden wurden Größenschwankungen von 8 mm bis hin zu 25 mm im Durchmesser notiert.

Zu den kleinsten in der Literatur beschriebenen Knochenzystoiden gehören die von TROTTER et al. (1982) erwähnten Zonen erhöhter Strahlendurchlässigkeit in distalen Fesselbeinabschnitten. Die Autoren gehen nicht auf die Darstellbarkeit der unterschiedlich großen Zystoide auf Röntgenaufnahmen verschiedener Projektionen ein. Aus einigen Abbildungen in der Veröffentlichung kann man jedoch entnehmen, daß die Zystoide sowohl auf Röntgenaufnahmen in anterior-posteriorem als auch in latero-medialem Strahlengang erkannt wurden. Offensichtlich gilt dies auch für die kleinen Zystoide von 3-4 mm im Durchmesser.

REID (1970) wies auf die Bedeutung der Röntgentechnik bei der Darstellung subchondraler zystoider Läsionen hin. Wenn an Hand von Übersichtsaufnahmen der Verdacht auf eine unregelmäßige Gelenkfläche oder Dichteverlust einer bestimmten Zone erhoben wird, sollten nach REID andere Aufnahmen mit stärkerer Belichtung, also mit höherer Strahlendosis und damit stärkerer Filmschwärzung angefertigt werden. Insbesondere auf unterbelichteten Aufnahmen, auf denen sich Knochengewebe mehr oder weniger homogen weiß darstellt, sei die Gefahr groß, die Zystoide zu übersehen. Um verschiedene subchondrale Aufhellungszonen röntgenologisch miteinander vergleichen zu können, ist es nach REID (1970) unbedingt erforderlich, hierfür Röntgenaufnahmen weitgehend gleicher Belichtung zu Grunde zu legen. Eine besondere Bedeutung kommt diesem Aspekt bei der Verlaufskontrolle subchondraler Zystoide zu. Schon eine nur wenig geringer belichtete Aufnahme könne einen

"Heilungsprozeß", d.h. eine Verdichtung der Aufhellung vor-täuschen. Die Verwendung einer Aluminiumtreppe als Referenzsystem ist nach Ansicht des Autors ein geeignetes Mittel, um den unterschiedlichen Schwärzungsgrad zu vergleichender Röntgenaufnahmen bestimmen zu können und prognostische Irrtümer bei der Deutung des Röntgenbildes möglichst gering zu halten.

Es liegen aus der Humanmedizin experimentelle Arbeiten zu dem Problem der röntgenologischen Darstellbarkeit von Defekten im Knochengewebe vor. In diesen Untersuchungen wird versucht, mit Hilfe künstlich gesetzter Läsionen die Dimensionen von Knochenschädigungen zu bestimmen, die nötig sind, um auch im Röntgenbild eindeutige Befunde zu liefern. NIETHARD u. PLAUE (1976) liefern mit ihren experimentellen Untersuchungen einen Beitrag zur röntgenologischen Darstellbarkeit von Schienenbeinkopfbrüchen beim Menschen. Bei einer Reihe von Leichenknien gelenken erzeugten sie in einer Kompressionsmaschine Kleinfrakturen in gelenknahen Tibiaabschnitten. Reine Impressionsfrakturen standen am Anfang des Frakturgeschehens und reichten bis zu 5 mm tief in die Spongiosa hinein. Frakturen dieser Art, die 3 mm oder weniger tief waren, entzogen sich der röntgenologischen Darstellbarkeit; wenn sie dagegen eine Größe von 5 mm erreichten, ließen sich in manchen Fällen Verdachtsmomente für das Vorliegen einer Schienbeinkopffraktur finden. Allerdings war in der von den Autoren durchgeführten Untersuchung bei einer Frakturausdehnung von mindestens 5 mm Tiefe die äußere Kortikalis meist mitgeschädigt, sodaß die Frakturen als Impressions-spalt- oder Impressionsdepressionsfrakturen angesprochen wurden. Die letztgenannten Frakturen mit einer Ausdehnung von 5 bis 7 mm stellten sich röntgenologisch oft durch eine bandförmige, horizontale Spongiosaverdichtung dar, wobei die Autoren als wesentlichen Grund für die Erkennung die Beteiligung der Kortikalis empfanden. Durch die Tomographie war es möglich, Frakturen von etwa 5-7 mm Tiefe darzustellen; dies gelang jedoch nicht bei den unter 3 mm tiefen Impressionsfrakturen.

ARDRAN (1951) versuchte, die röntgenologische Darstellung umschriebener Entkalkungen des Knochens zu quantifizieren, indem er Bohrungen in Wirbelkörpern durchführte. Ein Defekt von 3 mm Durchmesser in der Wirbelspongiosa war nur dann darstellbar, wenn der Wirbel frei in Luft geröntgt wurde. Bei der Röntgenuntersuchung im Wasserphantom stellte sich dagegen erst ein Defekt von 14 mm im Durchmesser in der Wirbelkörperspongiosa als schwach porotische Fläche auf dem Röntgenbild dar.

Es gibt verschiedene andere röntgenologische Untersuchungs-
methoden, die sich in einigen Teilbereichen der Diagnostik als durchaus aussagekräftig erwiesen haben, sich jedoch in der Routineuntersuchung der distalen Extremitätenabschnitte bei Pferden aus unterschiedlichen Gründen wenig oder nicht durchgesetzt haben.

DIK (1982) berichtete über den Einsatz der Arthrographie beim Pferd und kommt zu dem Ergebnis, daß sie zwar in der Untersuchung großer Gelenke (Knie, Ellbogen z.B.) mit großen Läsionen zusätzliche Information liefert, ihr Einsatz in der Feindiagnostik und bei kleinen Gelenken jedoch nicht sinnvoll ist.

Als ein weiteres röntgenologisches Verfahren fand die Xero-
radiographie Eingang in die Diagnostik von Gelenkerkrankungen des Pferdes. HERTSCH (1976) beschrieb die im Lauf eines Jahres an der Tierärztlichen Hochschule Hannover gemachten Erfahrungen mit der Xeroradiographie in der Röntgendiagnostik beim Pferd. Xeroradiographische Aufnahmen zeichnen sich durch sehr deutliche Darstellung von aneinander grenzenden Bereichen unterschiedlicher Dichte aus (Randverstärkungseffekt - edgeeffect -), während flächenhafte Veränderungen der Strahlendurchlässigkeit in der Mitte einer größeren Fläche nicht dargestellt werden können. Dieser Nachteil wird besonders bei Strahlbeinaufnahmen deutlich. Die herkömmliche Röntgenuntersuchung ist hier in Bezug auf Unterscheidbarkeit von Zonen unterschiedlicher Strahlendichte - wie Porosierungen - weit überlegen. HERTSCH (1976) hebt die Detailerkennbarkeit spon-

giöser Feinstrukturen von Knochengewebe hervor und hält die Xeroradiographie für vorteilhaft in der Diagnostik degenerativer Gelenkerkrankungen, periartikulärer Verkalkungen und freier Gelenkskörper. Als wesentlichen Nachteil dieser Methode nennt der Autor die sehr hohen Strahlendosen, die für die Exposition notwendig sind. Gegenüber den bei Röntgenaufnahmen mit Universalfolien benötigten Dosen von etwa 0,5- 1 mR sind bei der Xeroradiographie Strahlendosen von 10-30 mR erforderlich. Diese um ein vielfaches höheren Strahlendosen bedingen eine Erhöhung der Röhrenspannung; mit der steigenden Röhrenspannung nimmt jedoch auch die Streustrahlung erheblich zu. Beide Faktoren führen zu einer sehr hohen Strahlenbelastung des beteiligten Personals, die weitaus höher als bei der Anwendung herkömmlicher Röntgentechnik liegt.

Andere in der Humanmedizin gebräuchliche radiologische Verfahren, wie z.B. Szintigraphie, Tomographie und direkte Vergrößerungstechnik, finden in der Veterinärmedizin wegen des hohen technischen Aufwandes kaum Anwendung oder bleiben wegen ihrer hohen instrumentellen und personellen Erfordernisse weitgehend auf Kliniken beschränkt.

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Die Untersuchungen bestehen aus drei Teilen, der Serienuntersuchung von Schlachtpferdeextremitäten, der Untersuchung bekannter Pferde und der Untersuchung zur Darstellbarkeit künstlicher Läsionen, die im folgenden gesondert unter C.1., C.2. und C.3. aufgeführt werden.

C.1. Gruppe 1: Serienuntersuchung an Zehengelenken der Vorderextremitäten von Schlachtpferden

I. Material und Methoden

1. Untersuchungsmaterial

Als Untersuchungsmaterial standen 80 im Karpalgelenke abgesetzte Vorderextremitäten von Schlachtpferden zur Verfügung. Es handelte sich um nicht identifizierte Pferde (Traber und Warmblüter), die in der zweiten Jahreshälfte 1981 im Schlachthof Berlin Spandau geschlachtet worden waren und deren Vorberichte nicht zu erhalten waren.

2. Untersuchungsmethoden

In den Serienuntersuchungen an Vorderextremitäten von Schlachtpferden sollte versucht werden, die Darstellbarkeit degenerativer Veränderungen der Zehengelenke im Röntgenbild zu bestimmen und die Aussagekraft unterschiedlicher Röntgenbefunde zu überprüfen. Da auf den Gelenkknorpel beschränkte Läsionen wegen der relativ geringen Strahlendichte dieses Gewebes röntgenologisch nicht darstellbar sind und auch ein großer Teil der Vorgänge im subchondralen Knochen sich der direkten Darstellbarkeit entzieht, war das Ziel dieser Untersuchung herauszufinden, ob und inwieweit an Röntgenaufnahmen in guter Standardqualität und Routineprojektionen Röntgenbefunde erhoben werden können, die als Hinweise auf das Vorliegen dege-

nerativer Gelenkerkrankungen verstanden werden können. Bei der Auswertung der Röntgenaufnahmen wurden deshalb auch sehr geringfügige Veränderungen wie umschriebene Porosierungen, geringe Konturabweichungen und andere Befunde berücksichtigt, die dann mit den Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung verglichen wurden.

Die Röntgenstrukturanalyse ergänzte sowohl die röntgenologische als auch die makroskopische Untersuchung. Da sie ein röntgenologisches Verfahren zur Erkennung von Veränderungen der äußeren und, mit Einschränkungen, der inneren Knochenstrukturen ist, erlaubt sie in vielen Fällen Rückschlüsse auf die Schwere von pathologisch-anatomischen Veränderungen und ist für die Überprüfung der an Röntgenaufnahmen erhobenen Befunde hilfreich.

Von einigen Präparaten mit ausgeprägten oder häufiger beobachteten Veränderungen wurden histologische Schnitte angefertigt.

Der Schwerpunkt unserer Untersuchungen lag auf der Beurteilung des metacarpo-phalangealen Gelenkes und der interphalangealen Gelenke, also den Verbindungen zwischen den Hauptzehenknochen. Wir haben Gleich- und Strahlbeine nur insoweit berücksichtigt, als sie röntgenologisch auf den angefertigten Zehengelenksaufnahmen beurteilt werden konnten. Spezielle Projektionen zu ihrer Darstellung, wie Strahlbeinaufnahmen nach OXSPRING und schräge latero-mediale, bzw. medio-laterale Gleichbeinaufnahmen, wurden nicht erstellt. Die an den Zehengelenksaufnahmen erhobenen Röntgenbefunde an Gleichbeinen bzw. Strahlbeinen wurden in Beziehung zu den pathologisch-anatomischen Befunden der entsprechenden korrespondierenden Gelenkflächen des Stützskeletts gesetzt (distale Gelenkfläche des Metacarpus und des Kronbeins).

a. Röntgenuntersuchung

Die nummerierten Extremitäten wurden mit Hilfe eines Stativs in den entsprechenden Positionen fixiert und die Kassette in einem Kassettenhalter parallel zum Objekt angebracht.

Die handelsüblichen Röntgenfilme (18x24 cm) wurden in Kassetten mit Feinkornfolien verwendet. Der Film-Focus-Abstand betrug gleichbleibend 1 m. Für die Röntgenuntersuchung wurde der "medio 20" von der Fa. Philips, ein Vier-ventiler, verwendet.

Die Belichtung der Filme erfolgte gleichbleibend bei 100 mA, kleinem Brennfleck (1,2 mm) und je nach Extremitätendicke und Projektion bei 63 kV/20 mAs bis 75 kV/ 30 mAs. Von jeder Extremität wurden zunächst 4 Zehengelenksaufnahmen angefertigt, die den in der Pferdeklinik gebräuchlichen Routineaufnahmen entsprechen:

2 hochangesetzte Zehengelenksaufnahmen, bei denen der Zentralstrahl auf das Fesselgelenk gerichtet wurde, eine in anterior-posteriorem (a.-p.) Strahlengang und eine in latero-medialem (lat.) Strahlengang;

2 tiefangesetzte Zehengelenksaufnahmen mit Ausrichtung des Zentralstrahls auf das Hufgelenk, wieder in anterior-posteriorem und latero-medialem Strahlengang.

Darüberhinaus sollte der Aussagewert einer weiteren a.-p. Projektion überprüft werden, bei der der Zentralstrahl schräg von unten, etwa im Winkel von 35°, auf das Krongelenk gerichtet wurde (schräg-a.-p. Aufnahme).

An den fertigen Aufnahmen fiel dann die Entscheidung darüber, ob sie in einer guten, für die Auswertung zufriedenstellenden Standardqualität vorlagen. Als Kriterien dafür galt die vergleichbare Position der Extremitäten bei der Exposition - Verkantungen der Gelenke sollten vermieden werden - und die vergleichbare Filmschwärzung. Falls die Röntgenaufnahmen diesen Anforderungen nicht entsprachen, wurden sie wiederholt.

Bei der Wahl der Belichtungswerte für die Röntgenfilme stellt sich das Problem, daß die darzustellenden Gewebe eine zum Teil stark unterschiedliche Strahlendichte aufweisen. Um wenig strahlendichte Gewebe darstellen zu können, muß man niedrige Belichtungswerte wählen, bei denen sich zwar das Knochengewebe m.o.w. homogen weiß darstellt, jedoch beginnende knöcherne Auflagerungen auf dem Knochen und verkalkende Knorpelgewebe, wie z.B. freie Gelenkkörper, sich eher abbilden und

nicht, wie bei hohen Belichtungswerten, überstrahlt werden. Kommt es dagegen auf die differenzierte Darstellung der Knochenstruktur an, um z.B. Trabekelzeichnung und Gelenklinie beurteilen zu können, muß man mit höheren Belichtungswerten arbeiten. Diese bergen wiederum die Gefahr in sich, die weniger dichten Strukturen zu überstrahlen und damit der Darstellung zu entziehen.

In der Routineröntgendiagnostik wird daher versucht, einen Kompromiß in der Belichtung der Röntgenaufnahmen zu finden, um möglichst viele unterschiedlich strahlendurchlässige Gewebe auf e i n e r Röntgenaufnahme darstellen zu können. Entsprechende Belichtungswerte haben wir für unsere Untersuchungen gewählt.

Vor der Auswertung der Serienröntgenaufnahmen wurde zunächst an Röntgenaufnahmen einiger Extremitäten ohne besondere röntgenologische und pathologisch-anatomische Befunde ein Beurteilungsstandard erarbeitet. In Anlehnung daran wurden bei der Befundung der Röntgenaufnahmen von Schlachtpferdeextremitäten folgende Aspekte besonders berücksichtigt:

1. Konturen der Gelenkränder. Hierzu gehören Hakenbildungen bzw. Randwülste, Porosierungen, unscharfe Randbegrenzungen, Auflagerungen und Rauigkeiten.

2. Freie Gelenkkörper. (Corpora libera)

3. Bandhöcker. Hier sind Porosierungen oder Auftreibungen zu beobachten.

4. Subchondrale Spongiosa. Sie wurde auf klare, deutliche bzw. unsaubere, verwaschene Darstellung der Trabekelzeichnung, Verminderung oder Verstärkung der Verdichtungszone und umschriebene Aufhellungen untersucht.

5. Gelenkflächenkonturen. Abweichungen in der Form der Gelenkflächen wie Abplattungen oder nicht gleichmäßiger, glatter Verlauf der Kontur wurden beurteilt.

6. Gelenklinie. Sie konnte bei den meisten Gelenkflächen gut beurteilt werden. Abweichungen in einem regelrechten Verlauf, Unterbrechungen, Kerben und gezackter Verlauf, wurden ebenso wie Änderungen der Stärke der Gelenklinie protokolliert. Als Unterbrechungen der Gelenklinie werden sehr feine Konti-

nuitätsverletzungen der Gelenklinie bezeichnet, während der Begriff "Kerbe" hier für ausgeprägtere, etwa 2 mm tiefe Unterbrechungen der Gelenkflächenkontur verwendet wird.

7. Gelenkspalt. Bei einigen Gelenken entstand durch kleine knochen- bzw. kalkdichte Partikel im Gelenkspalt der Eindruck eines "unsauber dargestellten Gelenkspalts". Änderungen der Breite des Gelenkspalts wurden nicht beurteilt, da nur bei wenigen Extremitäten die andere Vorderextremität zum Vergleich vorlag und auch das Alter der Tiere nicht bekannt war, sodaß die physiologische Altersabnahme des röntgenologischen Gelenkspalts nicht berücksichtigt werden konnte.

8. Auflagerungen. Sie wurden als deutliche knöcherne Auflagerungen und auch als kleinere Verschattungen in gelenknahen Knochenabschnitten beobachtet und als periostale Auflagerungen bzw. Rauigkeiten bezeichnet.

9. Porosierung der gesamten Knochenstruktur.

10. Hufknorpelverknöcherungen

Die Auswertung der Röntgenaufnahmen wurde zunächst ohne Kenntnis der pathologisch-anatomischen Untersuchungsergebnisse vorgenommen.

b. Pathologisch-anatomische Untersuchung

Im Anschluß an die Röntgenuntersuchung wurden die Zehengelenke nach Entfernen der Haut in der Reihenfolge Fesselgelenk, Krongelenk und Hufgelenk eröffnet. Die Gelenkflächen von Metacarpus, Fesselbein, Kronbein und Hufbein wurden makroskopisch untersucht und die Befunde protokolliert.

Die Gelenkkapsel, deren Beurteilung auch an Gelenken frisch geschlachteter Pferde nicht immer einfach ist (NILSSON u. OLSSON, 1973), konnte wegen der unterschiedlich langen Lagerungsdauer der Extremitäten bei Tiefkühltemperaturen nicht mehr eindeutig beurteilt werden und wurde deshalb nicht in die makroskopische Untersuchung aufgenommen.

Die für degenerative Gelenkerkrankungen bestimmenden Veränderungen des Gelenkknorpels wurden zunächst auf ihre Art

(Gestalt, Tiefenausdehnung, Größe, Verfärbungen) und Lokalisation hin untersucht und die Gelenkflächen nach Abschluß der Untersuchungen je nach Schweregrad ihrer Gelenkknorpelschäden in 3 Gruppen unterteilt.

Die im folgenden aufgeführten Gelenkknorpelalterationen wurden als Kriterien für die Zuordnung der jeweiligen Gelenkfläche in folgende Gruppen bestimmt:

- (a) pathologisch-anatomisch nicht verändert,
- (b) pathologisch-anatomisch geringgradig verändert,
- (c) pathologisch-anatomisch schwerwiegend verändert.

(a) pathologisch-anatomisch nicht veränderte Gelenkflächen:

Hierunter fallen die Gelenkflächen, die keine Abweichungen von physiologischen Gegebenheiten aufweisen. So ist z.B. bei der makroskopischen Beurteilung der Metacarpusgelenkfläche zu berücksichtigen, daß der Gelenkknorpel auf der palmaren und dorsalen Gelenkfläche eine unterschiedliche Dicke aufweist.

Auch Gelenkflächen, die lediglich geringe Farbabweichungen des Gelenkknorpels wie Gelbfärbung ohne erkennbare Läsionen aufwiesen, wurden in diese Gruppe aufgenommen.

(b) pathologisch-anatomisch geringgradig veränderte Gelenkflächen:

Hierzu zählten Gelenkflächen mit einer oder zwei der unten aufgeführten Veränderungen.

- deutliche Farbabweichungen in Form einer Rötung des Gelenkknorpels
- lokale, kalkig-weiß erscheinende Verfärbungen des Gelenkknorpels (Linien, Ring um Defekte)
- Abweichungen in Glanz und Glätte in Form aufgerauhter Gelenkknorpelbezirke
- mäßige Zubildungen von Gelenkknorpel, die in Form von Randwülsten an den Gelenkrändern und als stecknadelkopf- bis linsengroße rundliche Zubildungen und plattenförmige, größere Zubildungen auf den Gelenkflächen beob-

achtet wurden.

- umschriebene Verschmälerungen der Gelenkknorpelschicht, soweit sie nur oberflächliche Schichten des Knorpels betrafen:
 - bis zu pfennigstückgroße, runde Bezirke mit Abrieb des Gelenkknorpels
 - Abnahme der Knorpelschichtdicke auf Teilen der Gelenkfläche, z.B. einer Hälfte, sodaß der subchondrale Knochen unter dem Knorpel erahnt werden kann
- Randerosionen, die in Reihen angeordnet den betreffenden Gelenkrand zerklüftet erscheinen ließen. Bei dieser Gelenkrandläsion bestand keine klare, umschriebene Begrenzung der knorpeligen Gelenkfläche mehr.
- Knorpeldefekte, die sich nur in oberflächliche Schichten des Gelenkknorpels erstreckten und keine weiteren Veränderungen wie z.B. Farbabweichungen oder zerklüftete Ränder aufwiesen ("oberflächliche Knorpeldefekte"). Es handelte sich hierbei meist um sehr kleine, glattrandige rund-ovale bis zu stecknadelkopfgroße Defekte oder kleine, bis zu 3 mm lange, sehr schmale schlitzförmige Defekte (Kerben).
- oberflächliche Schliffspuren. Bei den Schliffspuren handelt es sich um parallel angeordnete Riefen im Gelenkknorpel, die die Gelenkfläche in dorso-palmarer Richtung überziehen und mit einem unterschiedlich starken Substanzverlust des Knorpels einhergehen. Sind diese Schliffspuren deutlich zu erkennen, überziehen sie die gesamte Gelenkfläche und betreffen sie eindeutig nur oberflächliche Knorpelschichten, wurden sie als oberflächliche Schliffspuren bezeichnet. Die Tiefe der Schliffspuren konnte makroskopisch erkannt werden. Oberflächliche Schliffspuren wiesen in der Regel keine Verfärbungen auf, sondern ein von dem übrigen Gelenkknorpel nicht zu unterscheidendes Knorpelgewebe.

(c) pathologisch-anatomisch schwerwiegend veränderte Gelenkflächen:

Als solche wurden klassifiziert:

- Gelenkflächen, die mindestens 3 der unter (b) "geringgradig veränderte Gelenkflächen" angegebenen Veränderungen, davon einen Defekt, aufwiesen.
- starke Veränderungen der Gelenkknorpelfarbe und -oberfläche, wie es in Form dunkelrot-braun gefärbten, zerfaserten Knorpels beobachtet wurde.
- senfkorngroße, dunkelrot-braun verfärbte Bezirke, die anscheinend nicht im Gelenkknorpel selbst, sondern im subchondralen Knochen lokalisiert waren und durch den Knorpel durchschimmerten.
- größere Knorpelzubildungen, die in Form rundlicher, lins- bis erbsengroßer Zubildungen als freie Gelenkkörper oder im festen Verbund mit dem Gelenkknorpel meist am dorsalen Gelenkrand, seltener in anderen Lokalisationen gelegen waren.
- mittelgradige Knorpeldefekte. Als solche wurden alle Knorpelläsionen bezeichnet, die den Gelenkknorpel eindeutig über oberflächliche Schichten hinaus zerstört hatten, jedoch nicht bis auf den subchondralen Knochen reichten. Um dies erkennen zu lassen, mußten rundliche Defekte etwa senfkorngroß sein. Außerdem zählten hierzu oberflächliche Defekte, die zusätzlich andere Veränderungen aufwiesen wie z.B. deutliche Farbabweichungen, zerklüftete Ränder oder wall-artig aufgeworfene Ränder. Schlitzförmige Defekte (Kerben) wurden in diese Kategorie eingeordnet, wenn sie mindestens 5 mm lang waren und nicht bis auf den subchondralen Knochen reichten oder so schmal waren, daß die Tiefenausdehnung nicht zu erkennen war. Seltener vorkommende 2-4 cm lange, rot bis rot-braun verfärbte Rillen im Gelenkknorpel, die tief in die sie umgebenden wulstigen Knorpelzubildungen "eingefaltet" schienen, überzogen meist in gezacktem Verlauf die gesamte Gelenkfläche und wurden ebenfalls als mittelgradige Defekte bezeichnet.

- tiefe Knorpeldefekte dagegen erstreckten sich eindeutig bis auf den subchondralen Knochen. Hierzu zählende rund-ovale Defekte waren in den meisten Fällen mindestens hirsekorngroß, während Kerben länger als 5 mm waren und mindestens 1 mm breit sein mußten, um die genannte Tiefenausdehnung erkennen zu lassen. Die auf zahlreichen Gelenkflächen beobachteten Bezirke von völligem Knorpelverlust, die bis zu 5-pfennigstückgroß sein konnten, wurden ebenfalls als tiefe Defekte klassifiziert. Diese als "Bezirke von völligem Knorpelverlust" bezeichneten Läsionen unterschieden sich von den als "Defekten" angesprochenen Veränderungen dadurch, daß sie, im Gegensatz zu diesen, keinen deutlich abgesetzten Knorpelrand aufwiesen, sondern der Gelenkknorpel kontinuierlich bis auf das Niveau des subchondralen Knochens abfiel. Die rund-ovalen Läsionen wirkten wie Löcher im Gelenkknorpel und die schlitzförmigen Defekte wie Kerben.
- mittelgradige Schliffspuren reichen zwar tief in den Gelenkknorpel hinein und weisen in der Regel auch Farbveränderungen auf, zerstören den Knorpel jedoch nicht vollständig.
- tiefe Schliffspuren, die in Abgrenzung zu den mittelgradigen Schliffspuren den Gelenkknorpel mindestens an einer Stelle vollständig zerstören, reichen ebenfalls zum Teil bis auf den subchondralen Knochen.

Darüberhinaus mußten zur Gruppe (c) alle diejenigen Gelenkflächen gerechnet werden, die im Gegensatz zum makroskopischen Bild auf den Röntgenstrukturaufnahmen Veränderungen zeigten, die eine Beurteilung als "schwerwiegend verändert" erforderlich machten (Kerben, Defekte, Aufhellungen).

c. Röntgenstrukturanalyse

Die im Anschluß an die pathologisch-anatomische Untersuchung bei -20°C tiefgefrorenen Knochenstücke wurden mit einer Bandsäge in Scheiben von etwa 0,4 cm Dicke in dorso-palmarer Richtung zersägt. Anschließend wurden die von Knochenmehl und anderen Verunreinigungen gesäuberten

Knochenscheiben geröntgt. Da hier ganz besonderer Wert auf eine genaue Detailzeichnung gelegt wurde, sind folienlose, feinzeichnende Röntgenfilme verwendet worden (AGFA-GEVAERT, Osray), und, um Verzeichnungen zu vermeiden, wurden die Scheiben direkt auf den Film aufgelegt und bei kleinem Brennfleck (1,2 mm) belichtet (45 kV/16 mAs, Format 18x24). Der Film-Focus-Abstand betrug gleichbleibend 1 m. Die Untersuchungen wurden mit einem Sechsventiler der Firma CHF Müller durchgeführt.

Die Röntgenstrukturaufnahmen dienten dazu, Informationen über das Ausmaß der Knochenbeteiligung bei bestimmten Veränderungen zu geben und wurden dazu herangezogen, bestimmte röntgenologische Befunde zu überprüfen. Dies war insbesondere bei den in der bisherigen Routinediagnostik wenig beachteten Befunden - Veränderungen der subchondralen Spongiosa und der Gelenklinie - wertvoll.

Bei der Auswertung der Röntgenstrukturaufnahmen fanden folgende Veränderungen Beobachtung: Randwülste, Auflagerungen, Porosierungen, Strukturveränderungen in gelenknahen Spongiosaabschnitten wie Zu- und Abnahme der Verdichtungszone, Aufhellungen in der Spongiosa und die Beschaffenheit der Gelenklinie. Auch für diese Untersuchungsmethode wurde zunächst ein Beurteilungsstandard an Röntgenstrukturaufnahmen von unveränderten Gelenken erarbeitet, der durch einige histologisch abgesicherte Fälle mit definierten Veränderungen, wie Aufhellungen, Sklerosierungen und Atrophie im subchondralen Bereich der Spongiosa ergänzt werden konnte.

d. Histologische Untersuchung

Einige ausgewählte Fälle wurden histologisch untersucht. Nach dem üblichen Verfahren wurden H.-E. Schnitte (Hämatoxylin nach HANSEN) angefertigt.*

* Die Anfertigung und Auswertung der histologischen Schnitte erfolgte im Institut für Veterinär-Pathologie, Fachbereich Veterinärmedizin, der FU Berlin.

Die histologische Untersuchung gibt einen genauen Überblick über Ausmaß und Art der pathologischen Vorgänge im Knochengewebe. Sie war in Beziehung zu der makroskopischen Untersuchung dazu geeignet, einige der deskriptiv erfaßten Veränderungen zu definieren und im Vergleich mit den Röntgenstrukturaufnahmen hilfreich, einige der hier beobachteten Veränderungen, in erster Linie Aufhellungen, sicherer erkennen zu können.

II. Untersuchungsergebnisse

1. Metacarpus, distale Gelenkfläche

a. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung

Die Röntgenuntersuchung der distalen Metacarpusgelenkfläche (Mc) ergab die im folgenden aufgeführten Befunde.

Rauhigkeiten am dorsalen Rand der Kondylen bzw. des Sagittalkamms wurden jeweils bei etwa einem Sechstel der Gelenkflächen auf latero-medialen Röntgenaufnahmen festgestellt, während knöcherne Auflagerungen am dorsalen Rand der Kondylen bzw. des Sagittalkamms jeweils bei etwa einem Zehntel der Gelenkflächen beobachtet wurden.

Aufhellungen in der subchondralen Spongiosa des Metacarpus wurden bei einem Zehntel der Gelenkflächen auf latero-medialen Röntgenaufnahmen erkannt. Nur bei 3 Gelenkflächen handelte es sich um deutliche, umschriebene und etwa linsengroße Aufhellungszonen, während in den anderen 5 Fällen lediglich der Verdacht auf Aufhellungen formuliert wurde.

Abweichungen der Kondylenkontur wurden auf seitlichen Röntgenaufnahmen beurteilt und betrafen den palmaren Abschnitt der Kondylenkontur, der bei 14 Gelenkflächen geringgradig abgeplattet erschien. Dieser Befund konnte nur an genau seitlich getroffenen Metacarpi erhoben werden.

Bei einem Zehntel der Gelenkflächen wurde in der Mitte der Kondylen, etwa am tiefsten Punkt des Metacarpus, eine kleine knöcherne Spitze beobachtet, deren Lokalisation etwa dem Endpunkt der palmaren Gelenkfläche entspricht. Eine Abplattung der dorsalen Gelenkfläche, des Sagittalkamms, wurde nur bei einer Gelenkfläche festgestellt.

Eindeutige Veränderungen der Gelenklinie in Form einer Verstärkung fanden sich nur bei 4 Gelenkflächen, und bei 3 Gelenkflächen wurde der Verdacht auf eine Unterbrechung der Gelenklinie ausgesprochen. Diese Veränderungen wurden

zum Teil auf latero-medialen und zum Teil auf anterior-posterior Aufnahmen erkannt.

Der Fesselgelenkspalt wies bei etwa einem Zehntel der Extremitäten auf den a.-p. Aufnahmen Unsauberkeiten auf.

Bei etwa einem Zehntel des Untersuchungsmaterials zeigten sich generalisierte Porosierungen der Knochenstruktur in unterschiedlicher Ausprägung.

b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung

b.1. Art der makroskopischen Veränderungen

Die makroskopische Untersuchung der distalen Gelenkfläche des Metacarpus ergab folgende Befunde:

- Abweichungen in Farbe, Glanz und Glätte
- Knorpelzubildungen
- flächige oder umschriebene Verschmälnerung der Gelenkknorpelschicht
- Randerosionen
- Defekte im Gelenkknorpel
- Schliffspuren

Nimmt man eine Einteilung der Gelenkflächen Mc nach oben angeführten Kriterien bezüglich ihrer makroskopischen Veränderungen vor, so waren etwa 10% makroskopisch nicht verändert, etwa 30% geringgradig und etwa 60% schwerwiegend verändert.

Farbveränderungen wurden bei einer recht großen Anzahl von Gelenkflächen beobachtet und waren überwiegend im Bereich von Knorpelläsionen und Knorpelzubildungen als Rötung zu finden. Einige Gelenkflächen (7 Fälle) zeigten im Bereich des Transversalkamms auf beiden Kondylen eine weißlich-kalkfarbene Linie von etwa 2 mm Breite. Bei einer etwa gleichen Anzahl von Gelenkflächen wurden weißlich-kalkfarbene Verfärbungen des Knorpels als Ring um rundliche Knorpeldefekte festgestellt.

Auf 3 Gelenkflächen wurden Verfärbungen beobachtet, die

offensichtlich nicht im Gelenkknorpel selbst, sondern in subchondralen Gelenkanteilen lokalisiert waren und als dunkelrot-braun verfärbte Bezirke durch den Gelenkknorpel hindurchschimmerten. Sie hatten etwa die Größe eines Senfkorns.

Umschriebene Rauhigkeiten des Gelenkknorpels, die zum Teil mit einer Rötung einhergingen, fanden sich bei knapp einem Fünftel des Materials in Form von etwa 2 bis 3 mm breiten Linien in der Mitte beider Kondylen der Gelenkfläche Mc und überzogen die Gelenkfläche in gering dorsal-konvexem Bogen (Bereich des Transversalkamms).

Knorpelzubildungen wurden etwa bei einem Zehntel des Materials beobachtet. Es handelte sich in der Hälfte dieser Fälle um in Linien angeordnete, stecknadelkopfgroße Erhebungen, die auf einer oder beiden Gelenkflächenhälften den Verlauf des Transversalkamms nachahmten. In den anderen Fällen wurden bis zu linsengroße Zubildungen von Gelenkknorpel in verschiedenen Lokalisationen auf der Gelenkfläche festgestellt, die überwiegend in festem Verbund mit dem Gelenkknorpel standen; nur bei einer Gelenkfläche wurde eine etwa linsengroße Zubildung am Schnittpunkt von Sagittal- und Transversalkamm vorgefunden, die nur locker mit dem Gelenkknorpel verbunden war.

Eine umschriebene Abnahme der Knorpelschichtdicke des distalen Metacarpus wurde etwa bei einem Sechstel des Materials beobachtet. Eine umschriebene Abnahme der Knorpelschichtdicke, die nicht zu einem vollständigen Verlust von Gelenkknorpel geführt hatte, betraf größere Abschnitte der Gelenkfläche, d.h. Hälften des medialen oder lateralen Kondylus und wurden bei 5% der Extremitäten festgestellt. Bei einem Zehntel der Gelenkflächen fanden sich beiderseits im Bereich des Transversalkamms schmale Linien von ausgedünntem Gelenkknorpel.

Aneinandergereihte Erosionen am dorsalen Gelenkrand (Randerosionen) bei etwa einem Sechstel der Metacarpi ließen den Gelenkrand zerklüftet erscheinen. Die dorsale

Begrenzung der Gelenkfläche war deshalb nicht mehr klar abgesetzt.

Auf den Gelenkflächen Mc wurden Veränderungen, die als Defekte bezeichnet werden, am häufigsten beobachtet, insgesamt bei etwa 3 Viertel aller untersuchten Metacarpi. Je nach Schwere der Veränderung wurden die Defekte zu etwa einem Viertel als oberflächliche Defekte, zu knapp einem Viertel als mittelgradige Defekte und zu mehr als der Hälfte als tiefe Defekte klassifiziert.

Es wurden verschiedene Formen von Defekten beobachtet. Etwa 3 Viertel aller Defekte waren rund-ovale Defekte, etwa ein Zehntel Kerben und knapp ein Sechstel waren Bezirke von völligem Knorpelverlust. Diese verschiedenen Defekte waren zu unterschiedlichen Anteilen in den Gruppen "oberflächliche, mittelgradige bzw. tiefe Defekte" vertreten; so fiel der Anteil der rund-ovalen Defekte zu etwa einem Drittel in die Gruppe oberflächliche Defekte, zu etwa einem Viertel in die Gruppe mittelgradige Defekte und zu 2 Fünfteln in die Gruppe tiefe Defekte. Schlitzförmige Defekte dagegen wurden zu 3 Vierteln als tiefe Defekte klassifiziert und zu einem Viertel als mittelgradige Defekte angesehen.

Die zu den einzelnen Gruppen zählenden verschiedengestaltigen Defekte werden im folgenden kurz mit ihren Anteilen von der Gesamtheit der auf der Gelenkfläche Mc beobachteten Knorpeldefekte angeführt.

In die Gruppe "oberflächliche Defekte" fielen stecknadelkopfgroße und kleinere Defekte (ca. 1 Viertel), wobei die kleinsten Defekte zum Teil zu mehreren auf einem engumschriebenen Bezirk der Gelenkfläche lokalisiert waren. Als "mittelgradige Defekte" kamen auf der Gelenkfläche Mc etwa hirsekorngroße Löcher, die teils weißlich-kalkige, rötliche oder unregelmäßig-gezackte Ränder aufwiesen (ca. 1 Achtel) und schmale weißlich-kalkig verfärbte Rinnen und Kerben (ca. 3%) vor. Außerdem gehörten rundliche Defekte mit rötlich-kalkig erscheinenden Rändern dazu, die zum Teil von knorpeligen Wällen umgeben waren und,

mit kleinen, stecknadelkopfgroßen Knorpelerhebungen abwechselnd, zu Linien angeordnet die Kondylen im Bereich des Transversalkamms überzogen (ca. 5%). Die meisten der Defekte auf der Gelenkfläche Mc waren als tiefe Defekte klassifiziert worden, nämlich linsengroße Defekte mit unregelmäßigen, teils rötlich verfärbten Rändern (ca. ein Zehntel), tief bis auf subchondrale Anteile reichende Löcher mit rotgefärbtem Boden und glatten oder stark zerklüfteten Rändern (ca. ein Sechstel), kleine tiefe Löcher, die in Linien angeordnet die Kondylen im Bereich des Transversalkamms überzogen (ca. 2%), weiterhin Kerben (ca. 9%) und Bezirke von stellenweise vollständigem Verlust des Gelenkknorpels (ein Sechstel). Diese Bezirke von vollständigem Verlust des Gelenkknorpels waren zum Teil schmal und länglich geformt, einige waren rund und etwa erbsengroß; andere überzogen als etwa 3 mm breite Linie die Gelenkfläche im Bereich des Transversalkamms.

Schliffspuren im Gelenkknorpel der Gelenkfläche Mc wurden bei fast einem Fünftel der untersuchten Präparate gefunden, von denen die Hälfte tiefe Schliffspuren und je ein Viertel oberflächliche, bzw. mittelgradige Schliffspuren waren.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß auf der Gelenkfläche Mc einige physiologische Besonderheiten zu beobachten sind, die nicht mit Veränderungen des Gelenkknorpels verwechselt werden dürfen: diese wurden bereits oben angeführt, sollen aber hier der Vollständigkeit halber wiederholt werden.

Zum einen werden dorsale und palmare Gelenkflächenanteile durch den knorpeligen Transversalkamm mit knöcherner Grundlage unterteilt, der damit die dorsale Begrenzung der metacarpo-sesamoidalen Artikulationsfläche markiert (STEDE, PREUSS u. STEDE, 1977). Nach unseren Beobachtungen ist der Transversalkamm nicht immer ausgeprägt. Nahe dem Schnittpunkt von Transversalkamm und Sagittalkamm, jedoch p a l m a r des Transversalkamms, finden sich die fossae synoviales in Form einer grubenartigen, wie eine

Mulde erscheinenden Vertiefung des Gelenkknorpels (STEDE, PREUSS u. STEDE, 1977). Hier ist der Gelenkknorpel dünner als auf der übrigen Gelenkfläche und wirkt nach eigenen Beobachtungen geringgradig höckrig, reliefartig. Außerdem muß beachtet werden, daß die Gelenkknorpelschicht auf dem palmaren Teil der Gelenkfläche Mc nach Untersuchungen von NILSSON u. OLSSON (1973) generell dünner (etwa 0,5 mm) als auf dem dorsalen Teil (etwa 1,1 mm) ist.

b.2. Lokalisation der unterschiedlichen makroskopischen Veränderungen auf der Gelenkfläche Mc

Nimmt man eine Zuordnung der einzelnen Veränderungen des Gelenkknorpels zu bestimmten Regionen der Gelenkfläche vor, so lassen sich für die zuvor aufgeführten Läsionen Lokalisationen feststellen, in denen sie gehäuft zu beobachten sind. Folgende Lokalisationen waren häufig von Gelenkknorpelalterationen betroffen:

Lokalisation a: ein relativ kleiner, eng umschriebener Bezirk beiderseits des Sagittalkamms in dessen Schnittpunkt mit dem Transversalkamm.

Lokalisation b: eine etwa 2-3 mm breite Zone auf beiden Kondylen, die, beiderseits des Sagittalkamms beginnend, in einem leicht dorsal-konvexen Bogen zu den seitlichen Gelenkrändern zieht. Sie wird im folgenden als Zone oder Bereich des Transversalkamms bezeichnet.

Lokalisation c: eine schmale Zone auf der Mitte des Sagittalkamms, die man sich in Verlängerung der Linie des Transversalkamms denken kann.

Lokalisation d: der dorsale Gelenkrand der Gelenkfläche Mc, als Abschluß der Knorpelfläche.

Nur etwa ein Zehntel aller Veränderungen wurde auf den übrigen Gelenkflächenanteilen beobachtet.

Die einzelnen Lokalisationen a bis d sind in Abbildung 1 und

2 dargestellt.

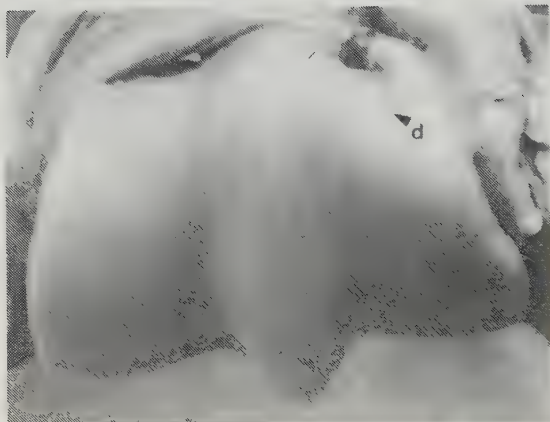


Abb. 1:
Dorsalansicht
des Mc dist.
d: Zone des
dorsalen
Gelenkrandes

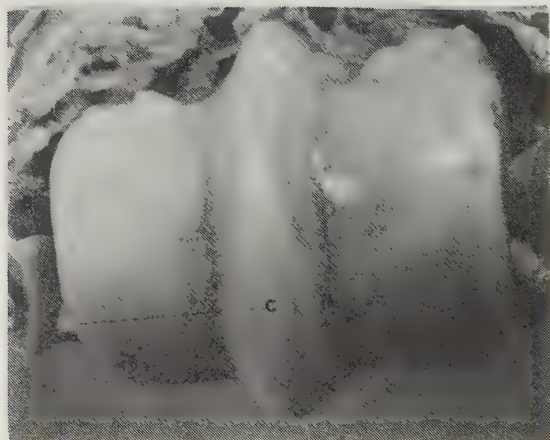


Abb. 2:
Palmaransicht
des Mc dist.
a: Schnittpunkt
v. Sagittal- u.
Transversalkamm
b: Bereich des
Transversalkamms
c: Mitte des
Sagittalkamms

In der als Lokalisation a bezeichneten Region, Schnittpunkt von Sagittal- und Transversalkamm, war etwa die Hälfte aller auf der Gelenkfläche Mc beobachteten Veränderungen des Gelenkknorpels lokalisiert.

Die dort festgestellten Veränderungen setzten sich überwiegend, zu über 9 Zehnteln, aus Knorpeldefekten, zu etwa 4% aus Knorpelausdünnungen und zu 1% aus Knorpelzubildungen zusammen. Unter den Knorpeldefekten fanden sich, abgesehen von Bezirken mit völligem Knorpelverlust, alle zuvor erwähnten Formen und Ausprägungen von Defekten, die allerdings fast ausschließlich rund oder rundlich waren. In dieser Lokalisation wurden zu etwa 3 Fünfteln mittelgradige und tiefe Defekte und zu etwa 2 Fünfteln oberflächliche Defekte beobachtet.

Die nur bei einem Gelenk festgestellte Zubildung in dieser Lokalisation war ein flaches Knorpelstück in Linsengröße, das eine lockere Verbindung zum unterliegenden Knorpelgewebe hatte. Insgesamt zeigten etwa 3 Viertel der Gelenkflächen Mc in unserem Schlachtpferdematerial Veränderungen in Lokalisation a, von denen wiederum der überwiegende Teil, etwa 3 Viertel, beiderseits des Sagittalkamms je eine der oben angeführten Gelenkknorpelalterationen aufwies.

In Lokalisation b, Zone des Transversalkamms, fand sich knapp ein Drittel der Gelenkknorpelveränderungen der Gelenkfläche Mc.

Hierbei handelte es sich in erster Linie um Veränderungen, die sich durch graduelle Abstufungen voneinander unterschieden. Im einzelnen wurden folgende Veränderungen mit folgenden Anteilen von der Gesamtheit der in Lokalisation b beobachteten Veränderungen festgestellt: rauhe, linienförmige Zubildungen (etwa ein Fünftel), weißlich-kalkfarbene Linien (etwa ein Zehntel), Linien von ausgedünntem Gelenkknorpel (etwa ein Fünftel), völliger Verlust des Gelenkknorpels auf etwa 2-3 mm breiten Linien (etwa ein Zehntel) und sonnenblumenkerngroße Bezirke von völligem Knorpelverlust, die mit ihrer Spitze bis etwa auf die Mitte des Kondylus reichten (etwa ein Fünftel) und zum Teil außerdem einen Defekt am

Schnittpunkt von Sagittal- und Transversalkamm aufwiesen. Darüberhinaus wurden im Bereich des Transversalkamms aufeinander im Wechsel folgende stecknadelkopfgroße Zubildungen und Defekte beobachtet, die ebenfalls zu einer Linie angeordnet waren (etwa ein Zehntel) und auch nacheinander in einer Linie angeordnete sehr kleine runde Defekte (etwa 5%).

Insgesamt waren etwas mehr als 2 Fünftel der Gelenkflächen Mc von Veränderungen in Lokalisation b, Zone des Transversalkamms, betroffen. Auch hier wurden diese Veränderungen in über 3 Viertel dieser Fälle auf beiden Kondylen einer Gelenkfläche gleichzeitig beobachtet.

Auf dem Sagittalkamm selbst, Lokalisation c, wurden nur selten, bei 7 Gelenkflächen Knorpelveränderungen beobachtet. Es handelte sich hierbei allerdings ausschließlich um tiefe Defekte, nämlich Bezirke von völligem Knorpelverlust, rund-ovale und schlitzförmige Defekte. Bei allen Knorpelläsionen von länglicher Form war die Achse senkrecht zum Sagittalkamm ausgerichtet.

In Lokalisation d, am dorsalen Gelenkrand, war fast ein Sechstel aller makroskopischen Gelenkknorpelveränderungen der Gelenkfläche Mc lokalisiert.

Diese Läsionen waren etwa zur Hälfte Randerosionen und zur Hälfte verschiedene Knorpeldefekte (linsengroße Defekte, Bezirke von völligem Knorpelverlust und Kerben).

b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer Veränderungen der distalen Metacarpusgelenkfläche

Auf Grund der insgesamt hohen Zahlen sowohl von veränderten Gelenkflächen als auch von unterschiedlichen Veränderungen lassen sich häufig verschiedene Veränderungen gleichzeitig auf den Gelenkflächen Mc beobachten.

So weisen von den Gelenkflächen Mc mit Schliffspuren über

4 Fünftel außerdem andere Veränderungen auf:

Am häufigsten wurden, wie oben angeführt, Defekte in Lokalisation a, am Schnittpunkt von Sagittal- und Transversalkamm beobachtet.

Die in den anderen Lokalisation b,c und d festgestellten Defekte waren zu hohen Anteilen mit dem gleichzeitigen Auftreten von Defekten beiderseits des Sagittalkamms, d.h. Lokalisation a, verknüpft.

Im folgenden werden die Anteile der jeweiligen Gelenkflächen mit Veränderungen b,c und d aufgeführt, die gleichzeitig Defekte in Lokalisation a aufwiesen:

Lokalisation b (Bereich des Transversalkamms): 5 Sechstel

Lokalisation c (Mitte des Sagittalkamms): 4 Fünftel

Lokalisation d (dorsaler Gelenkrand): 3 Viertel

übrige Gelenkflächenanteile: 3 Viertel

Wenn man die Fragestellung der Zuordnung verändert und die prozentualen Anteile der Gelenkflächen mit Veränderungen in Lokalisation a betrachtet, die gleichzeitig Veränderungen anderer Lokalisationen aufwiesen, kommt man zu folgenden Ergebnissen:

Insgesamt 3 Fünftel der Gelenkflächen Mc mit Defekten in Lokalisation a (Schnittpunkt Transversal- und Sagittalkamm) wiesen gleichzeitig Veränderungen anderer Lokalisationen auf. Handelte es sich dabei um oberflächliche Veränderungen, wie sie insgesamt bei 2 Fünfteln der Gelenkflächen mit Läsionen in Lokalisation a gefunden wurden, so überwogen die Veränderungen im Bereich des Transversalkamms, d.h. Lokalisation b. Zeigten die Gelenkflächen mit Defekten in Lokalisation a gleichzeitig andere Defekte, wie es bei 3 Zehnteln dieser Fälle festgestellt wurde, waren es meist mehrere Defekte gleichzeitig.

Die Defektdichte auf der distalen Gelenkfläche des Metacarpus war hoch. Durchschnittlich wurden 2,7 Defekte /Gelenkfläche mit Defekt beobachtet.

c. Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse in Beziehung zu
röntgenologischen und pathologisch-anatomischen
Befunden

Der distale Metacarpus weist im Anschluß an die Gelenklinie im Gegensatz zu anderen Gelenkflächen, z w e i elliptisch geformte subchondrale Verdichtungszone auf den Röntgenstrukturaufnahmen auf, die sich, jeweils etwa von der Mitte der Gelenkfläche ausgehend, nach beiden Seiten über die dorsalen, bzw. palmaren Anteile des Metacarpus erstrecken (vgl. Abb. 3).

Für die Ergebnisse der Röntgenuntersuchung lassen sich unterschiedliche Korrelationen zu den Ergebnissen der Röntgenstrukturanalyse aufzeigen.

So konnten auf Röntgenaufnahmen festgestellte Rauhigkeiten und Auflagerungen an dorsalen Abschnitten von Kondylen und Sagittalkamm durch entsprechende Strukturaufnahmen bestätigt werden.

Aufhellungen innerhalb der subchondralen Spongiosa wurden zum einen in Form umschriebener, recht deutlicher, etwa linsengroßer Zonen erhöhter Strahlendurchlässigkeit auf Röntgenaufnahmen beobachtet. Zum anderen stellten sich kleinere, recht unscharfe, verschwommene Aufhellungszone auf Röntgenaufnahmen dar, für die nur der Verdacht auf eine Aufhellung ausgesprochen werden konnte. Bei den 3 Gelenkflächen mit röntgenologisch eindeutig festgestellten Aufhellungszone waren auf den entsprechenden Röntgenstrukturaufnahmen relativ große, etwa linsengroße und auch längliche Aufhellungen zu erkennen. In den übrigen Fällen, bei 5 Gelenkflächen Mc, wurden zur Hälfte keine Anzeichen für Aufhellungen und zur Hälfte kleine Aufhellungszone in einem insgesamt porosierten Knochen bei der Röntgenstruktuntersuchung gefunden.

Röntgenologisch wurde eine Abplattung der palmaren Kondylenkontur bei einem Sechstel der distalen Metacarpusgelenkflächen festgestellt, die auch auf den Röntgenstruk-

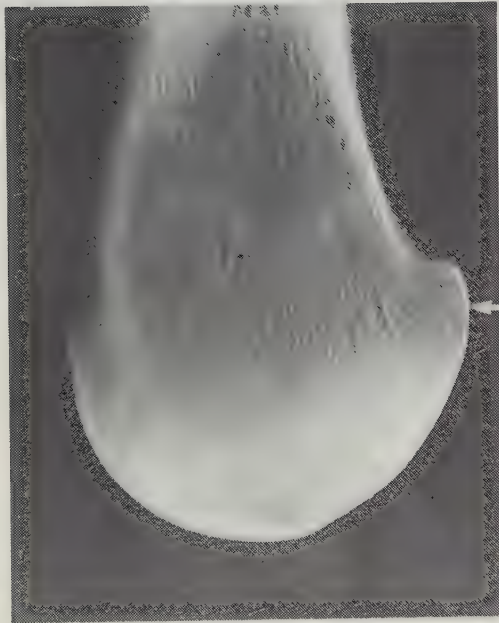


Abb. 3 : normales Bild einer Röntgenstrukturaufnahme
des distalen Metacarpus (links dorsaler
Gelenkrand, rechts palmarer Gelenkrand)
Es sind zwei elliptische Verdichtungszone,
dorsal und palmar, zu erkennen.

breiter Pfeil: Gelenklinie (hier verstärkt)
schmaler Pfeil: Gefäßkanal

turaufnahmen bei einer gleich großen Anzahl von Gelenkflächen beobachtet wurde. Allerdings ergab sich nur in einigen Fällen eine Übereinstimmung. Der Röntgenbefund konnte nur in 2 Fünftel der Fälle durch die Röntgenstrukturanalyse bestätigt werden. Vergleicht man die Anzahl der auf Röntgenstrukturaufnahmen bzw. Röntgenaufnahmen erfaßten Gelenkflächen mit einer Abplattung im palmaren Bereich der Gelenkfläche, so kommt man zu dem Ergebnis, daß etwa ein Anteil von 3 Fünfteln auf den Röntgenaufnahmen nicht identifiziert werden konnte.

Eine kleine knöcherne Spitze in der Mitte der Gelenkfläche wurde auf den Röntgenstrukturaufnahmen häufig, bei etwa 2 Fünfteln der Präparate, beobachtet, während diese Veränderung nur bei einem Zehntel der Gelenkflächen durch die Röntgenuntersuchung festgestellt werden konnte. Es bestand auch hier nur ein geringer Grad an Übereinstimmung.

Veränderungen der Gelenklinie des distalen Metacarpus wurden auf Röntgenaufnahmen nur selten beobachtet. Bei 3 Gelenkflächen wurde eine Unterbrechung der Gelenklinie und bei 4 Gelenkflächen eine Verstärkung der Gelenklinie röntgenologisch festgestellt. In allen diesen Fällen wurde der Befund durch die Röntgenstrukturaufnahme bestätigt.

Etwa ein Zehntel der Fesselgelenke war durch Unsauberkeiten des Gelenkspaltes gekennzeichnet. Die entsprechenden Röntgenstrukturaufnahmen zeigten in einem Drittel der Fälle subchondrale Aufhellungszonen sowie Unterbrechungen der Gelenklinie und Veränderungen der subchondralen Spongiosa. Darüberhinaus wurde bei einem Viertel der Gelenkflächen auf den Röntgenstrukturaufnahmen lediglich eine Normabweichung im Bereich der Gelenklinie festgestellt.

Bei einem Vergleich der Ergebnisse von Röntgenstrukturanalyse und pathologisch-anatomischer Untersuchung wurden die im folgenden aufgeführten Beziehungen vorgefunden.

Veränderungen im Bereich der Spongiosaverdichtungen traten auf den Röntgenstrukturaufnahmen bei etwa einem Viertel der Metacarpusgelenkflächen in Form von Verringerung der dorsalen und palmaren Verdichtungszone auf. In allen diesen Fällen ergab die makroskopische Untersuchung der Gelenkflächen mittelgradige und tiefe Gelenkknorpeldefekte.

Eine Verstärkung der Verdichtungszone, die dann dichter und größer erschienen, wurde nur bei 5 Gelenkflächen auf den Röntgenstrukturaufnahmen beobachtet, von denen 3 keine, bzw. geringgradige und 2 Gelenkflächen schwerwiegende makroskopische Veränderungen zeigten.

Auf einigen Röntgenstrukturaufnahmen fiel auf, daß sich unmittelbar an die Gelenklinie eine etwa 2-3 mm breite Zone sehr dichten Knochens anschloß, die dem röntgenologischen Bild der Kompakta sehr ähnelte. Diese Veränderung wurde nur bei 2 Präparaten beobachtet und korrelierte mit geringgradigen bzw. keinen makroskopischen Veränderungen entsprechender Gelenkflächen.

Aufhellungen innerhalb der subchondralen Spongiosa wurden auf Röntgenstrukturaufnahmen dieser Gelenkfläche häufig, bei über einem Drittel der Extremitäten festgestellt. Bei knapp einem Zehntel der untersuchten Gelenkflächen Mc handelte es sich um Gefäßlöcher, die sich als stecknadelkopfgroße, runde Aufhellungen darstellten und meist zu mehreren in unmittelbarem Anschluß zur Gelenklinie lokalisiert waren.

In den anderen Fällen (bei 30% der Gelenkflächen Mc) handelte es sich um deutliche, umschriebene Aufhellungen, die sich in ihrem Bild teils voneinander unterschieden. Die meisten Zonen erhöhter Strahlendurchlässigkeit waren rund-oval und etwa linsen- bis erbsengroß. Andere Aufhellungen waren eher länglich, lagen parallel zur Gelenklinie und erinnerten in ihrer Form manchmal an Pinienkerne.

Gelegentlich lagen die Aufhellungen in einer "Schale" von herdförmig verdichtetem Spongiosagewebe. In einigen Fällen wurden mehrere, in der Verdichtungszone radiär angeordnete Gefäßkanäle beobachtet, die konvergierend der Aufhellungs-

zone zustrebten (Abb. 4).

Der größte Teil der Aufhellungszonen (etwa 9 Zehntel) war auf der Palmarfläche des Metacarpus zu finden, meist unmittelbar palmar des Transversalkamms, während nur wenige Aufhellungen im dorsalen Teil der Gelenkfläche lokalisiert waren.

Die pathologisch-anatomische Untersuchung der Gelenkflächen, die Aufhellungszonen auf den Röntgenstrukturaufnahmen zeigten, ergab in allen Fällen Gelenkknorpeldefekte der entsprechenden Lokalisation. Auffallend ist hier, daß nicht nur als "tief" klassifizierte Defekte das subchondrale Knochengewebe beteiligten, sondern auch einige Defekte, die bei der makroskopischen Untersuchung auf Grund ihrer geringen Größe und scheinbar geringen Tiefe zunächst als "oberflächliche" Defekte angesprochen worden waren. Mit diesen oberflächlichen Defekten korrelierte etwa ein Fünftel der oben beschriebenen Aufhellungszonen. Bei drei Vierteln der Gelenkflächen mit Aufhellungszonen auf den Röntgenstrukturaufnahmen wurden tiefe Gelenkknorpeldefekte festgestellt, die sich zur Hälfte aus Bezirken völligen Knorpelverlusts im Bereich des Transversalkamms (Lokalisation b) und zur Hälfte aus tiefen Defekten in Lokalisation a (Schnittpunkt von Sagittal- und Transversalkamm) zusammensetzten.

Mehr als drei Viertel der auf Röntgenstrukturaufnahmen beobachteten Aufhellungszonen waren von Veränderungen der Gelenklinie begleitet, die in der Hälfte dieser Fälle eine Unterbrechung in unmittelbarer Nähe der Aufhellung aufwies und sich in den anderen Fällen als "gezackt", "verstärkt" und "teils sehr dünn gezeichnet" darstellte.

Nimmt man eine Zuordnung von Aufhellungen auf Röntgenstrukturaufnahmen zu bestimmten pathologisch-anatomischen Veränderungen vor, so fällt die hohe Korrelation zu Bezirken mit völligem Knorpelverlust im Bereich des Transversalkamms auf.

Mehr als 4 Fünftel der Gelenkflächen mit dieser Veränderung zeigten auf den Röntgenstrukturaufnahmen eine Beteiligung des subchondralen Knochens in Form einer Aufhellung. Aller-

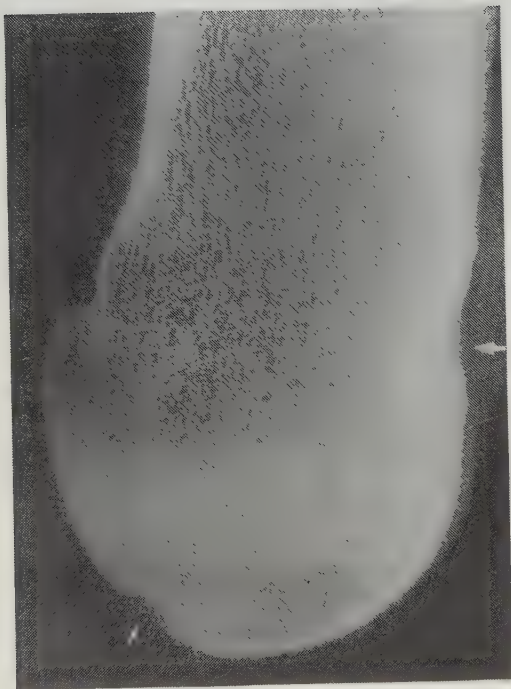


Abb. 4 : Aufhellung in der Palmarfläche des distalen Metacarpus

In Umgebung der Aufhellung sind radiär angeordnete Gefäßkanäle zu erkennen, die konvergierend auf die Läsion zustreben.

Die Gelenklinie, kleiner Pfeil, ist im Bereich des Defekts unterbrochen.

Der große Pfeil zeigt auf Rauigkeiten am dorsalen Rand der Kondylen.

dings wiesen über die Hälfte dieser Gelenkflächen gleichzeitig Defekte neben dem Sagittalkamm, in Lokalisation a, auf. Gelenkflächen mit Defekten am Schnittpunkt von Sagittal- und Transversalkamm waren aber insgesamt nur zu einem Drittel von Aufhellungszonen auf den entsprechenden Strukturaufnahmen gekennzeichnet.

Nur bei etwa einem Sechstel der Gelenkflächen konnte auf Röntgenstrukturaufnahmen eine Abplattung der palmaren Kondylenkontur festgestellt werden. Zwei Fünftel dieser Gelenkflächen waren makroskopisch nicht oder nur geringgradig verändert, während drei Fünftel dieser Fälle makroskopisch durch tiefe Gelenkknorpeldefekte auffielen.

Eine kleine knöcherne Spitze in der Mitte der Kondylen (Transversalkamm) wurde etwa bei einem Fünftel der Gelenkflächen des distalen Metacarpus auf den Röntgenstrukturaufnahmen beobachtet. Von diesen Gelenkflächen wies ein großer Teil (82%) bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung Defekte auf, die aber nur zu einem Drittel als tiefe Defekte klassifiziert worden waren.

Betrachtet man die Korrelation von Veränderungen der Gelenklinie auf den Röntgenstrukturaufnahmen zu makroskopischen Veränderungen, findet man folgende Ergebnisse vor:

- alle Gelenkflächen mit einer Unterbrechung der Gelenklinie zeigten mindestens einen, meistens jedoch zwei Defekte;
- alle Gelenkflächen mit gezacktem Verlauf der Gelenklinie hatten Gelenkknorpeldefekte;
- 9 Zehntel der Gelenkflächen mit einer Verstärkung der Gelenklinie wiesen makroskopisch Defekte auf;
- alle Gelenkflächen, deren Gelenklinie an einigen Stellen sehr dünn gezeichnet war, zeigten Gelenkknorpeldefekte.

d. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit
Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung

Setzt man die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen zueinander in Beziehung, so fällt sofort die Diskrepanz zwischen der großen Zahl der z.T. schwerwiegenden pathologisch-anatomischen Gelenkveränderungen und der vergleichsweise geringen Zahl und dem schmalen Spektrum an röntgenologischen Befunden auf.

Da auf der Gelenkfläche Mc die als oberflächlich eingestuft Defekte einen im Vergleich zu den anderen Gelenkflächen großen Anteil der geringgradigen makroskopischen Veränderungen darstellen, werden für einige Röntgenbefunde auch die Korrelationen zu den unterschiedlichen Defekten (oberflächlich, mittelgradig und tief) angegeben.

Recht häufig wurden röntgenologisch Rauhigkeiten und Auflagerungen am dorsalen Rand der Kondylen bzw. des Sagittalkamms beobachtet. Die Gelenkflächen Mc, die auf den Röntgenaufnahmen Rauhigkeiten am dorsalen Rand der Kondylen aufwiesen, waren zu etwa 2 Dritteln schwerwiegend, zu etwa einem Fünftel geringgradig und zu einem Zehntel makroskopisch nicht verändert, während die Gelenkflächen mit Rauhigkeiten am dorsalen Rand des Sagittalkamms in allen Fällen makroskopische Gelenkknorpelalterationen aufwiesen (2 Drittel schwerwiegende und 1 Drittel geringgradige). Wurden dagegen in den genannten Lokalisationen röntgenologisch knöcherne Auflagerungen festgestellt, zeigten sich makroskopisch jeweils zu mehr als 2 Dritteln schwerwiegende und zu etwa einem Drittel geringgradige pathologisch-anatomische Veränderungen. Diese röntgenologischen Veränderungen korrelierten wie folgt mit Defekten:

- Gelenkflächen mit Rauhigkeiten am dorsalen Rand der Kondylen wiesen zu etwa 3 Vierteln Defekte, zur Hälfte mittlere und schwerwiegende und zu einem Viertel oberflächliche Defekte auf.
- Gelenkflächen mit Rauhigkeiten am dorsalen Rand des Sagittalkamms wiesen zu 7 Achteln Defekte auf. Überwiegend waren

es oberflächliche Defekte und nur zu einem Viertel mittelgradige und tiefe Läsionen.

- Gelenkflächen mit Auflagerungen am dorsalen Rand der Kondylen wiesen zu 9 Zehnteln Defekte auf, zur Hälfte oberflächliche und zu etwa einem Drittel mittlere und schwerwiegende Defekte.
- Gelenkflächen mit Auflagerungen am dorsalen Rand des Sagittalkamms wiesen in allen Fällen Defekte auf, von denen etwa 6 Zehntel mittelgradig und tief und etwa zwei Fünftel oberflächliche Defekte waren.

Nur bei 3 Fällen konnten deutliche Aufhellungen innerhalb der Spongiosa des distalen Metacarpus auf Röntgenaufnahmen gefunden werden. Die pathologisch-anatomische Untersuchung der entsprechenden Gelenkflächen ergab in allen Fällen massive Knorpelzerstörungen im Bereich des Transversalkamms, z.T. länglich geformt, z.T. sonnenblumenkerngroß, die außerdem zu zwei Dritteln von tiefen Defekten direkt neben dem Sagittalkamm (Lokalisation a) begleitet waren. Der Verdacht auf das Vorliegen von Aufhellungen im distalen Metacarpus war an Hand der Röntgenaufnahmen bei 5 Gelenkflächen ausgesprochen worden. Bei einer Gelenkfläche wurden makroskopisch keine Veränderungen und bei zwei Gelenkflächen nur sehr kleine Knorpeldefekte neben dem Sagittalkamm beobachtet. Zwei der Verdachtsfälle wiesen makroskopisch ähnliche Veränderungen auf, wie die Gelenkflächen mit deutlich röntgenologischen Aufhellungszonen; es handelte sich hier in einem Fall um eine einseitig ausgebildete Zone mit völligem Knorpelverlust neben dem Sagittalkamm und zusätzlich einen Defekt beiderseits des Sagittalkamms, in einem anderen Fall um beiderseits des Sagittalkamms im Bereich des Transversalkamms gelegene, erbsengroße Bezirke von vollständigem Knorpelverlust, die außerdem von mittelgradigen kalkig-weißlich gefärbten Defekten beiderseits des Sagittalkamms begleitet waren.

Gelenkflächen mit einer auf Röntgenaufnahmen festzustellenden Abplattung der palmaren Kondylenkontur waren zu etwa zwei Dritteln schwerwiegend, zu fast einem Viertel ge-

ringgradig und zu einem Achtel makroskopisch nicht verändert.

Ähnliche Korrelationen wurden auch für den Röntgenbefund einer kleinen knöchernen Spitze in der Mitte der Gelenkfläche des Metacarpus vorgefunden. Die Gelenkflächen waren zur Hälfte schwerwiegend und ungefähr jeweils zu einem Viertel geringgradig, bzw. makroskopisch nicht verändert.

Veränderungen der Gelenklinie konnten röntgenologisch auch nur sehr selten festgestellt werden (bei 9%). Entsprechende pathologisch-anatomische Untersuchungen ergaben in drei Viertel dieser Fälle ebenfalls starke Knorpelzerstörungen im Bereich des Transversalkamms, die zur Hälfte von Defekten im Schnittpunkt von Transversal- und Sagittalkamm begleitet wurden. Bei dem verbleibenden Viertel der Fälle wurden bei der makroskopischen Untersuchung ebenfalls schwerwiegende Defekte verschiedener Lokalisationen beobachtet. Alle Gelenkflächen mit einer auf Röntgenaufnahmen sichtbaren Verstärkung der Gelenklinie ließen deutliche Porosierungen des gesamten Knochens erkennen.

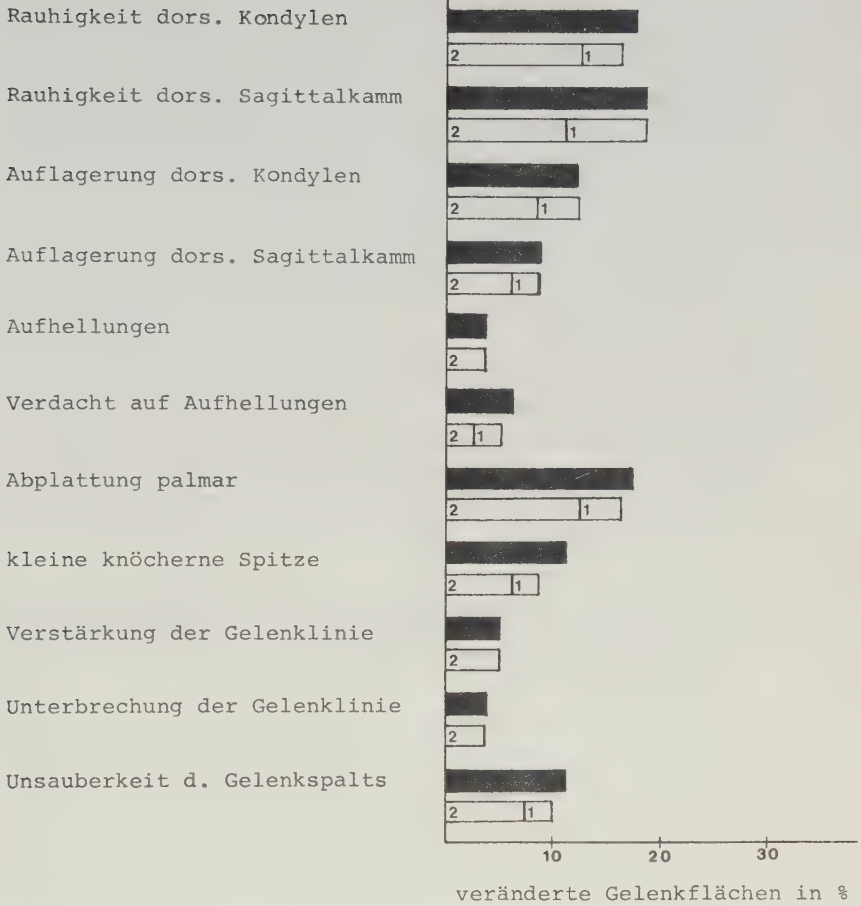
In den Gelenken mit röntgenologisch festgestellten Unsauberkeiten des Fesselgelenkspalts zeigten die Gelenkflächen Mc zu 2 Dritteln schwerwiegende, zu etwa 2 Zehnteln geringgradige und zu einem Zehntel keine makroskopischen Veränderungen.

Die Korrelationen von röntgenologischen Befunden zu pathologisch-anatomischen Veränderungen sind in Abb. 5 dargestellt.

Die verschiedenen, zuvor erwähnten röntgenologischen Veränderungen wurden selten gleichzeitig bei einer Extremität festgestellt. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, für Kombinationen verschiedener Röntgenbefunde auf den Röntgenaufnahmen der einzelnen Gelenkflächen Korrelationen zu bestimmten pathologisch-anatomischen Veränderungen aufzustellen.

Einige der Präparate, die schwerwiegende pathologisch-anatomische Veränderungen und deutliche Aufhellungen auf den Scheiben aufwiesen, wurden histologisch untersucht.

Dabei wurde bei 3 Gelenkflächen Mc die pathologisch-histologische Diagnose "Chondrosis dissecans" gestellt und bei 4 weiteren Fällen verschiedene Veränderungen im subchondralen Knochengewebe, wie z.B. Knochennekrosen, festgestellt.



- : röntgenologisch verändert
 □ : pathologisch-anatomisch verändert
 1 : geringgradig
 2 : schwerwiegend

Abb. 5 : Korrelationen zwischen pathologisch-anatomischen Veränderungen und röntgenologischen Befunden der Gelenkfläche Mc

1.2. Gleichbeine

Die Gleichbeine wurden daraufhin untersucht, ob und inwieweit röntgenologische Veränderungen Hinweise auf pathologisch-anatomische Veränderungen der distalen Metacarpus-Gelenkfläche geben können.

a. Röntgenologische Veränderungen

Die Hälfte der untersuchten Extremitäten wies röntgenologische Veränderungen der Gleichbeine auf. Im einzelnen wurden bei einem Zehntel des Materials Porosierungen der Gleichbeine und bei einem Drittel Konturveränderungen der Gleichbeinbasis wie gewellter oder gezackter Verlauf beobachtet. Basiläre Osteophyten wurden nur bei 8 Extremitäten festgestellt, die in drei Fällen mittelgradig bis stark ausgeprägt waren.

b. Beziehung zwischen den röntgenologischen Veränderungen der Gleichbeine und makroskopischen Veränderungen der Gelenkfläche Mc

Für die einzelnen Röntgenbefunde wurden die im folgenden aufgeführten Korrelationen zu pathologisch-anatomischen Veränderungen der distalen Metacarpusgelenkfläche vorgefunden.

Von 8 Extremitäten mit porosierten Gleichbeinen wies die Gelenkfläche Mc in 5 Fällen schwerwiegende Veränderungen wie Defekte auf, in 2 Fällen geringgradige Knorpelalterationen und war in einem Fall ohne makroskopische Veränderungen.

Bei den Präparaten mit deutlicher Osteophytenbildung an der Basis der Gleichbeine (8 Präparate) wurden in 4 Fällen schwerwiegende Knorpelveränderungen beobachtet, die sowohl im Bereich des Transversalkamms, als auch auf dem palmaren Anteil der Kondylen, als auch unmittelbar neben dem Sagittalkamm lokalisiert waren, sodaß nicht von einer bevorzugten Lokalisation der Defekte gesprochen werden kann.

Die an Gleichbeinen erhobenen Röntgenbefunde bestanden überwiegend aus Abweichungen von der normalen basilären

Gleichbeinkontur, die sicher in geringer Ausprägung nicht als pathologische Veränderungen anzusprechen sind. Auch hier sollte überprüft werden, ob makroskopische Veränderungen der Gelenkflächen des Metacarpus mit diesem Röntgenbefund verknüpft sind.

Hatte die Kontur einen gezackten Verlauf (16 Extremitäten), wiesen 2 Drittel der entsprechenden Mc-Gelenkflächen schwerwiegende und ein Drittel geringgradige oder keine Gelenkknorpelalterationen auf.

Ein gewellter Verlauf der basilären Gleichbeinkontur wurde bei 11 Extremitäten festgestellt; dieser Röntgenbefund korrelierte etwa zur Hälfte mit schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen der metacarpalen Gelenkfläche und zur Hälfte mit geringgradigen Veränderungen.

Diese Korrelationen sind in Abb. 6 dargestellt.

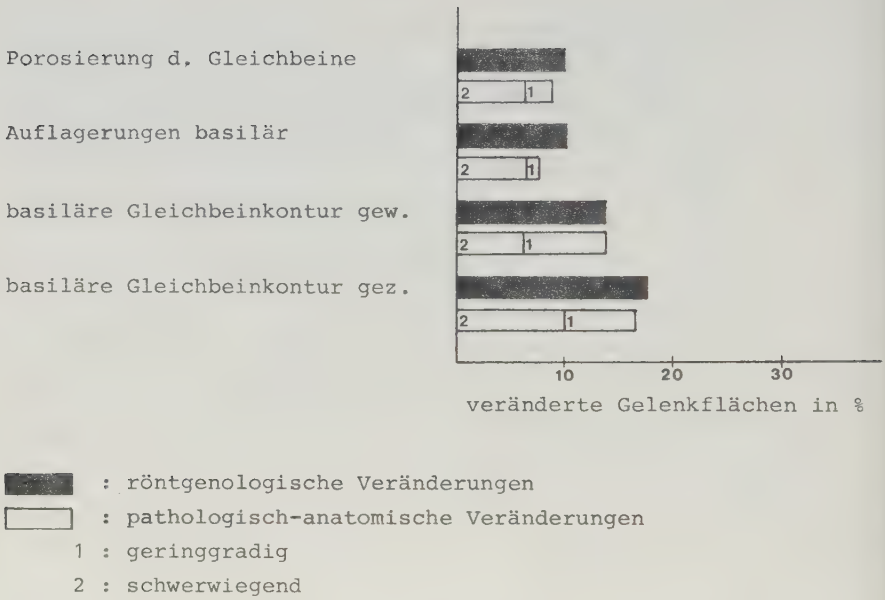


Abb. 6 : Korrelationen zwischen pathologisch-anatomischen Veränderungen der Gelenkfläche Mc und röntgenologischen Befunden der Gleichbeine

2. Fesselbein, proximale Gelenkfläche

a. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung

Ein sehr deutlicher Röntgenbefund ist der Randwulst, der bei einem Fünftel der Gelenkflächen des proximalen Fesselbeins (Fp) am dorsalen Gelenkrand und bei etwa einem Zehntel der Gelenkflächen an den seitlichen Gelenkrändern lokalisiert war.

Die "freien Körper" des Fesselgelenks waren bevorzugt am dorsalen Gelenkrand zu beobachten (8 Extremitäten), während bei einem Fesselgelenk das Corpus liberum am palmaren Gelenkrand lag. Diese freien Gelenkskörper waren in der Regel etwa linsengroß, gelegentlich auch etwas kleiner und lagen dem dorsalen Gelenkrand (bzw. palmaren Gelenkrand) unmittelbar proximal an (Abb. 9).

Porosierungen der Gelenkränder, die sich röntgenologisch als umschriebene Aufhellungen und Auflockerungen der Knochenstruktur darstellten, fanden sich bei etwa einem Drittel der Gelenkflächen und wurden etwa gleich häufig an dorsalen bzw. seitlichen Gelenkrändern beobachtet.

Nur selten, bei 4 Gelenkflächen, waren die Gelenkrandkonturen durch eine unsaubere, verwaschene Zeichnung verändert.

Die im Regelfall zu beobachtende subchondrale Spongiosa-verdichtung des proximalen Fesselbeinabschnitts ist auf seitlichen und besonders auf den a.-p. Röntgenaufnahmen zu beurteilen und zeigt im Normalfall geringfügige individuelle Unterschiede in ihrer Breite (Abb. 38, S.225). Die Breite der subchondralen Verdichtungszone wurde auf a.-p. Aufnahmen bewertet und dann als verändert bezeichnet, wenn sie deutliche Abweichungen in der zuvor als Standardwerte definierten Dicke (etwa 3 mm) und Dichte aufwies (Abb. 8). Abweichungen von einer klaren und deutlichen Trabekelzeichnung der Spongiosa konnten am besten auf den latero-medialen Röntgenaufnahmen befundet werden; hierfür wurden distal der Ver-

dichtungszone gelegene Spongiosaabschnitte im dorsalen proximalen Fesselbein herangezogen.

In unserem Material stellte sich die Spongiosaverdichtungszone bei über einem Zehntel der Gelenkflächen Fp als verschmälert (Abb. 40, S.225) und bei knapp einem Zehntel der Extremitäten als verstärkt (Abb. 39, S.225) dar.

Bei einem Zehntel der Gelenkflächen war die Spongiosa im dorsalen gelenknahen Bereich auf den latero-medialen Röntgenaufnahmen durch eine unsaubere, verwaschene Trabekelzeichnung (Abb. 42, S.226) charakterisiert.

Aufhellungen wurden in proximalen Fesselbeinabschnitten lediglich in Form von Gefäßblöchern vorgefunden (4 Gelenke). Es handelte sich dabei um etwa stecknadelkopfgroße runde Aufhellungen, die in unmittelbarem Anschluß an die Gelenklinie auf den a.-p. Röntgenaufnahmen zu erkennen waren.

Die Beschaffenheit der Gelenklinie wurde ebenfalls auf a.-p. Aufnahmen beurteilt und wies bei etwa einem Sechstel des Materials eine Verstärkung und bei etwa einem Zehntel der Präparate eine Unterbrechung (Abb. 43, S.230) auf.

Über die Breite des Gelenkspalts wurden aus weiter vorne angeführten Gründen keine Aussagen getroffen. Unsauberkeiten des Gelenkspalts wurden bei etwa einem Zehntel der Fesselgelenke festgestellt.

Knöcherne Auflagerungen im Insertionsbereich der Strecksehnen auf der Dorsalseite des Fesselbeins (SISSON, 1975) wurden in der lateralen Projektion gelegentlich in erheblichen Ausmaßen bei etwa einem Zehntel des Materials beobachtet.

In gleicher Lokalisation wurden bei einem Zehntel der proximalen Fesselbeinabschnitte umschriebene Porosierungen festgestellt.

b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung

b.1. Art der makroskopischen Veränderungen

Der die proximale Fesselbeingelenkfläche überziehende Knorpel wies an makroskopisch erfaßbaren Befunden folgende Veränderungen auf:

- Abweichungen in Farbe, Glanz und Glätte
- Knorpelzubildungen
- flächige Verschmälnerung der Gelenkknorpelschicht
- Randerosionen
- Defekte im Gelenkknorpel
- Schliffspuren

In dem untersuchten Material waren nur etwa 15% der Gelenkflächen Fp ohne makroskopische Gelenkknorpelalterationen, während etwa bei 30% der Gelenkflächen geringgradige und bei etwa 55% schwerwiegende makroskopische Veränderungen festgestellt wurden.

Verlust von Glanz und Glätte gleichzeitig mit Farbabweichungen wurde bei etwa einem Fünftel der Gelenkflächen festgestellt, und zwar in Form umschriebener, aufgerauhter, rötlich verfärbter Knorpelbezirke. Zum Teil lagen diese Bezirke auch auf Zonen von Knorpelausdünnungen oder Knorpelzubildungen.

Knorpelzubildungen traten auf als dorsale oder palmare Randwülste, plattenförmige Zubildungen und unterschiedlich große rundliche Erhebungen an oder auf der Gelenkfläche. Randwülste fanden sich in knapp der Hälfte der Gelenkflächen Fp, bevorzugt an deren dorsalem Rand, während plattenförmige Zubildungen ebenso wie punktförmige Erhebungen des Gelenkknorpels nur sehr selten, bei jeweils etwa 3% der Gelenkflächen beobachtet wurden. Der dorsale Randwulst wies im Gegensatz zum palmaren Randwulst in einigen Fällen zusätzliche Veränderungen wie Rötung, Rauigkeit und Zottenbildung auf. Unmittelbar neben der Sagittalrinne fand sich in einem Gelenk am dorsalen Gelenkrand ein etwa linsengroßer freier Körper, der lose auf einem Bezirk mit oberflächlich zerstörtem

Gelenkknorpel (Erosion) auflag. In der gleichen Lokalisation wurden bei 4 Gelenken rundliche, von Knorpel überzogene Zubildungen festgestellt, die fest mit dem Gelenkknorpel verbunden waren.

Eine Abnahme der Gelenkknorpelschicht betraf umschriebene Bezirke der Gelenkfläche und wurde bei knapp einem Fünftel der Präparate festgestellt, wobei in einigen Fällen eine gesamte Gelenkflächenhälfte eine dünnere Knorpelschicht aufwies.

Randerosionen, die unmittelbar den dorsalen Gelenkrand zottig und zerklüftet erscheinen ließen, wurden etwa bei einem Zehntel der Gelenkflächen Fp beobachtet und betrafen in der Regel oberflächliche Gelenkknorpelschichten. Diese sind abzugrenzen von einer anderen "Erosionsform", die meist beiderseits der Sagittalrinne lokalisiert war und oft tiefere Schichten des Gelenkknorpels in Mitleidenschaft zog (s.u.).

Die mit Abstand am häufigsten auf der Gelenkfläche Fp beobachteten Veränderungen waren Gelenkknorpeldefekte, die insgesamt bei gut der Hälfte der Extremitäten auftraten. Diese Defekte wurden nach dem erläuterten Klassifizierungsschema zu knapp einem Fünftel als oberflächliche Defekte, zu mehr als der Hälfte als mittelgradige Defekte und zu etwa einem Viertel als tiefe Defekte eingeteilt.

Die Defekte unterschieden sich außerdem in ihrer Form voneinander: so zählten zu diesen Gruppen von Veränderungen stecknadelkopf- bis linsengroße rund-ovale Defekte mit glatten, zerklüfteten oder verfärbten Rändern, Erosionen und schlitzförmige Defekte (Kerben) von unterschiedlicher Länge und Tiefenausdehnung.

Auch auf dieser Gelenkfläche waren die rund-ovalen Defekte mit einem Anteil von etwa 2 Dritteln häufiger als Kerben mit etwa 1 Drittel vertreten.

Die verschiedengestaltigen Defekte waren zu unterschiedliche Anteilen in den zuvor genannten Gruppen vertreten.

Rund-ovale Defekte fielen etwa zu einem Fünftel in die Gruppe

oberflächliche Defekte, zu knapp der Hälfte in die Gruppe mittelgradige Defekte und zu einem Drittel in die Gruppe tiefe Defekte. Bei den schlitzförmigen Läsionen überwogen mit über 2 Dritteln die als mittelgradig eingestuften Defekte. Das letzte Drittel setzte sich zu etwa gleichen Teilen aus oberflächlichen und tiefen schlitzförmigen Defekten zusammen.

Schliffspuren wurden etwa bei einem Fünftel der Gelenkflächen Fp beobachtet. Sie setzten sich zur Hälfte aus oberflächlichen Schliffspuren, zu etwa einem Fünftel aus mittelgradigen und knapp einem Drittel aus tiefen Schliffspuren zusammen.

b.2. Lokalisation der unterschiedlichen makroskopischen Veränderungen auf der Gelenkfläche Fp

Folgende Regionen auf der Gelenkfläche Fp sind bevorzugte Lokalisationen von Gelenkknorpelveränderungen:

Lokalisation a: eine etwa 5 mm breite Zone des dorsalen Gelenkrandes.

Lokalisation b: die Sagittalrinne

Lokalisation c: eine etwa 5 mm breite Zone des palmaren Gelenkrandes.

Die einzelnen Lokalisationen sind in Abb. 7 dargestellt.

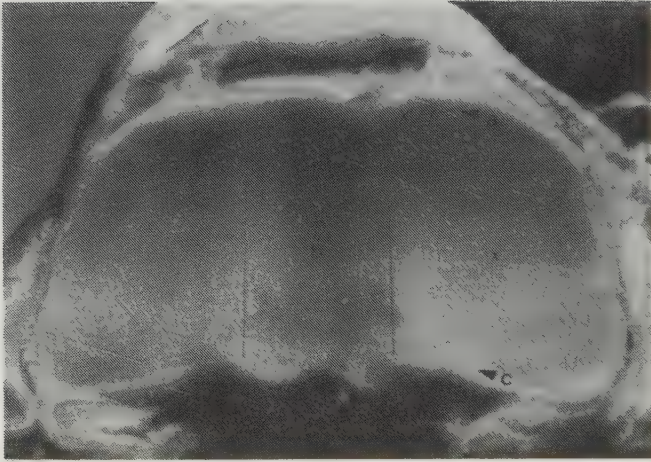


Abb. 7 : Aufsicht auf proximale Fesselbeingelenkfläche

a : dorsale Gelenkrandzone

b : Sagittalrinne

c : palmare Gelenkrandzone

X : Lokalisation der Erosion am dorsalen
Gelenkrand, neben der Sagittalrinne

x : häufige Lokalisation von rund-ovalen Defekten

Am dorsalen Gelenkrand ist ein gering ausge-
bildeter Randwulst erkennbar.

Im Bereich des dorsalen Gelenkrandes, in Lokalisation a, wurden bei etwa der Hälfte der Gelenkfläche knorpelige Randwülste, bzw. Randerosionen festgestellt. Darüberhinaus fanden sich bei etwa einem Fünftel des Materials beiderseits der Sagittalrinne Veränderungen. Hier wurde in erster Linie eine ausschließlich in diesem Abschnitt beobachtete Defektform festgestellt, nämlich eine etwa linsengroße Knorpelerosion mit einem sehr unregelmäßigen, zottig-zerklüfteten Rand, die in einigen Fällen bis auf den subchondralen Knochen reichte. Diese Veränderung, die gemäß unserem Klassifikationsschema je nach Tiefenausdehnung als mittelgradiger oder tiefer Defekt eingeordnet wurde, wird entsprechend ihrer charakteristischen Lokalisation und Ausprägung in Anlehnung an die Literatur (ROONEY, 1969; NILSSON u. OLSSON, 1973) als Erosion ("erosion") bezeichnet.

Außerdem wurden in dieser Lokalisation linsengroße, rotgefärbte raue Bezirke und Knorpelzubildungen (letztere bei 5 Gelenken) festgestellt.

In der Sagittalrinne, Lokalisation b, fanden sich bei mehr als einem Viertel der Gelenkflächen des proximalen Fesselbeins Veränderungen, die zum größten Teil Knorpeldefekte waren. Hier handelte es sich in 4 Fünfteln der Fälle um Gelenkknorpeldefekte und in den anderen Fällen um eine Versmälerung der Gelenkknorpelschicht an den Seiten der Sagittalrinne.

Die schlitzförmigen Defekte stellten insgesamt die Hälfte aller hier festgestellten Veränderungen dar.

In Lokalisation c, der Zone des palmaren Gelenkrandes, wurden bei etwa 1 Fünftel der Gelenkflächen Fp Veränderungen festgestellt, die zur Hälfte durch einen knorpeligen Randwulst und zur Hälfte durch Knorpeldefekte repräsentiert wurden.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß rund-ovale Defekte relativ häufig in der Mitte der Fovea articularis festgestellt wurden; hier wurde etwa die Hälfte aller auf dieser Gelenkfläche vorkommenden rund-ovalen Defekte beobachtet.

b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer Veränderungen der proximalen Fesselbein-gelenkfläche

Waren die Gelenkflächen Fp durch einen knorpeligen Randwulst gekennzeichnet, wiesen sie zu einem Drittel außerdem geringgradige Gelenkknorpelveränderungen und zu 2 Dritteln schwerwiegende Gelenkknorpelveränderungen auf.

Bei denjenigen Gelenkflächen, die schwerwiegende makroskopische Veränderungen in der Sagittalrinne hatten, wurde in über der Hälfte der Fälle ein Randwulst festgestellt, während die Gelenkflächen mit schwerwiegenden Gelenkknorpelveränderungen auf den übrigen Bezirken der Gelenkfläche zu etwa 2 Fünfteln einen Randwulst aufwiesen.

Bei Gelenkknorpelveränderungen in Lokalisation a, am dorsalen Gelenkrand, wurde in etwa der Hälfte der Fälle ein Randwulst beobachtet.

Die Gelenkflächen Fp, die makroskopisch durch Knorpelproliferationen oder Rauigkeiten oder Schliffspuren charakterisiert waren, zeigten jeweils etwa zur Hälfte gleichzeitig andere Knorpelalterationen.

Die Defektdichte auf dieser Gelenkfläche lag im Durchschnitt bei 1.6 Defekten und ist damit relativ hoch.

c. Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse in Beziehung zu röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Befunden

Die bei der Röntgenuntersuchung erhobenen Befunde wiesen die im folgenden aufgeführten Relationen zu den Ergebnissen der Röntgenstrukturanalyse auf.

Die groben, leicht zu erfassenden röntgenologischen Veränderungen wie Hakenbildungen, Corpora libera, Porosierungen und Auflagerungen konnten durch die Röntgenstrukturaufnahmen weitgehend bestätigt werden, soweit nicht die Darstellung bestimmter Veränderungen, z.B. Auftreibungen der Bandhöcker,

durch die Schnittführung bei der Herstellung der Knochenscheiben unmöglich wurde.

Es fiel auf, daß Gelenkflächen mit dem Röntgenbefund "Hakenbildung an seitlichen Gelenkrändern" auf den Röntgenstrukturaufnahmen Veränderungen von Gelenklinie und / oder Spongiosa aufwiesen.

Die auf Röntgenaufnahmen dargestellten Veränderungen der subchondralen Spongiosaverdichtungszone fanden sich mit einer Ausnahme auf den Röntgenstrukturaufnahmen ebenfalls wieder. (Normales Bild einer Röntgenstrukturaufnahme ist in Abb. 8 dargestellt.) Gelenkflächen mit einer verwaschenen und unsauberen Trabekelzeichnung in proximalen Fesselbeinabschnitten waren durch mehrere Befunde auf Röntgenstrukturaufnahmen gekennzeichnet. Zwei Drittel dieser Fälle zeigten auf den Röntgenstrukturaufnahmen Aufhellungen und ein Drittel Veränderungen der Verdichtungszone; etwa die Hälfte der Gelenkflächen zeigte darüberhinaus Veränderungen der Gelenklinie.

Die Bestätigung für röntgenologisch festgestellte Veränderungen der Gelenklinie durch die Röntgenstrukturanalyse erfolgte bei etwa 9 Zehnteln der Fälle, während die auf den Röntgenaufnahmen beobachtete Unsauberkeit des Gelenkspalts nur in 3 Viertel der Fälle in Form einer Veränderung der Gelenklinie auf den Röntgenstrukturaufnahmen nachvollziehbar war.

Erwähnt sei schließlich, daß etwa die Hälfte der Gelenkflächen mit dem Röntgenbefund "Auflagerungen auf dorsalen proximalen Fesselbeinabschnitten" auf Röntgenstrukturaufnahmen Veränderungen der Gelenklinie und eine Verminderung der subchondralen Verdichtungszone erkennen ließen.

In einem Vergleich der Ergebnisse von Röntgenstrukturanalyse und pathologisch-anatomischer Untersuchung wurden die im folgenden aufgeführten Beziehungen erarbeitet.

Normabweichungen im Bereich der Spongiosaverdichtung fanden sich auf den Röntgenstrukturaufnahmen bei etwa einem



Abb. 8 : Normales Bild einer Röntgenstrukturaufnahme
des proximalen Fesselbeins.
Die Gelenkränder, dorsal (links) und palmar
(rechts) sind glatt und gleichmäßig.
Die subchondrale Verdichtungszone ist hier in
ihrer Dichte und Breite normal gezeichnet.
Pfeil deutet auf "Epiphysennarbe".

Drittel der untersuchten Gelenkflächen Fp. Diese Veränderungen stellten sich in etwa der Hälfte der Fälle als Verminderung der Verdichtungszone im Sinne einer subchondralen Atrophie dar. Verbreiterungen der Spongiosaverdichtung im Sinne einer subchondralen Sklerosierung und ein gezackter Verlauf der Verdichtungszone, der meist mit einer unsauberen und verwaschenen Trabekelzeichnung verknüpft war, repräsentierten ebenfalls zu jeweils gleichen Teilen die andere Hälfte.

Wie umschriebene Aufhellungen auf Röntgenstrukturaufnahmen, so korrelierten auch die genannten Veränderungen im Bereich der subchondralen Spongiosa in fast allen Fällen mit schwerwiegenden pathologisch-anatomischen Befunden, d.h. mit mittelgradigen oder tiefen Defekten und tiefen Schliffspuren.

Umschriebene Aufhellungszonen wurden innerhalb der subchondralen Spongiosa bei etwa einem Viertel der proximalen Fesselbeingelenkflächen auf Röntgenstrukturaufnahmen festgestellt und korrelierten, mit nur wenigen Ausnahmen, mit schwerwiegenden Gelenkknorpelveränderungen der entsprechenden Gelenkflächen. Das Bild dieser Aufhellungszonen war recht uneinheitlich; so gab es Aufhellungen, die sich bis zu 5 mm in die Tiefe erstreckten und recht schmal, zungenförmig, erschienen neben solchen, die sich eher bandförmig, bis zu einer Länge von 8 mm, parallel zur Gelenklinie darstellten. Darüberhinaus wurden gelegentlich auch rund-ovale, bis zu erbsengroße Aufhellungen festgestellt (vgl. Abb. 44, S.238). Alle diese umschriebenen Aufhellungszonen wurden in der Hälfte der Fälle von Strukturveränderungen der gelenknahen Spongiosa auf den Röntgenstrukturaufnahmen begleitet. Es handelte sich hierbei um Verbreiterung bzw. Verschmälerung der Verdichtungszone.

Alterationen der Gelenklinie des proximalen Fesselbeins wurden etwa bei einem Drittel der Präparate auf Röntgenstrukturaufnahmen beobachtet und stellten sich als Verstärkung oder Unterbrechung dar.

Bis auf eine Ausnahme zeigten die Gelenkflächen mit schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen auf den Röntgenstrukturaufnahmen Veränderungen von Gelenklinie und / oder subchondraler Spongiosa.

Nahezu alle Gelenkflächen, die auf den Röntgenstrukturaufnahmen Veränderungen der subchondralen Spongiosa erkennen ließen, zeigten außerdem Veränderungen der Gelenklinie.

d. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung

Um die Aussagekraft der einzelnen Röntgenbefunde abschätzen zu können, wurden sie in Beziehung zu den pathologisch-anatomischen Veränderungen der Gelenkfläche Fp gesetzt.

Gelenkflächen mit einem auf Röntgenaufnahmen dargestellten dorsalen Randwulst wiesen in allen Fällen makroskopische Veränderungen auf, die jeweils etwa zur Hälfte geringgradig bzw. schwerwiegend waren. Ein Randwulst konnte makroskopisch ungefähr doppelt so häufig wie bei der Röntgenuntersuchung festgestellt werden.

Zeigten die Gelenkflächen einen Randwulst an den seitlichen Gelenkrändern, waren sie immer schwerwiegend makroskopisch verändert.

Es überraschte, daß in den Gelenken (8 Fälle) mit einem röntgenologisch festgestellten Corpus liberum am dorsalen Gelenkrand (Abb. 9) bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung nur in einem Fall ein freier Körper gefunden wurde, während sich in den anderen Fällen dorsal eine rundliche Knorpelzubildung neben der Sagittalrinne oder lediglich ein umfangreicher Randwulst zeigte (vgl. Abb. 36, S. 210).

Die Gelenkflächen selbst wiesen in diesen Fällen zu einem Viertel geringgradige und zu drei Vierteln schwerwiegende makroskopische Gelenkknorpeldefekte auf.

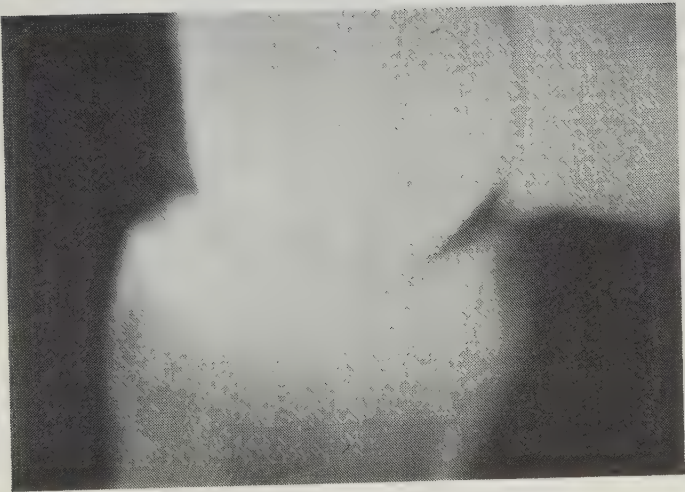


Abb. 9 : "Corpus liberum" am dorsalen Rand des
Fesselgelenkspalts

Nur in einem Fesselgelenk wurde ein freier Körper auf der Palmarseite festgestellt, der bei der makroskopischen Untersuchung jedoch nicht gefunden wurde. Diese Gelenkfläche hatte am palmaren Gelenkrand einen senfkorngroßen tiefen Defekt.

In Gelenken mit Porosierungen der dorsalen bzw. seitlichen Gelenkränder wurden prinzipiell ähnliche Korrelationen zu makroskopischen Veränderungen gefunden, wie bei den Gelenkflächen mit einer Randwulstbildung. Auffällig war auch hier, daß bei Veränderungen der seitlichen Gelenkränder häufiger schwerwiegende makroskopische Befunde erhoben wurden, als bei solchen des dorsalen Gelenkrandes.

In sechs Fesselgelenken erwiesen sich die proximalen Bandhöcker als porosiert. Je zwei der entsprechenden Gelenkflächen Fp ergaben bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung keine, geringgradige und schwerwiegende Befunde.

Die auf Röntgenaufnahmen beobachteten Veränderungen der subchondralen Spongiosa, wie Verminderung und Verstärkung der Verdichtungszone und verwaschene, unsaubere Trabekelzeichnung im dorsalen, proximalen Fesselbeinabschnitt, korrelierten in nahezu allen Fällen (eine Ausnahme) mit schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen der Gelenkfläche Fp.

Aufhellungen in Form von Gefäßblöchern wurden bei vier der Gelenkflächen des proximalen Fesselbeins an Röntgenaufnahmen befundet und korrelierten in fast allen Fällen mit schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen der entsprechenden Gelenkflächen.

Ausschließlich an Röntgenaufnahmen schwerwiegend makroskopisch veränderter Gelenkflächen Fp konnten Veränderungen der Gelenklinie wie Verstärkung und Unterbrechung konstatiert werden.

In neun Fesselgelenken war der Gelenkspalt auf dem Röntgenbild von Unsauberkeiten geprägt; die entsprechenden Gelenkflächen Fp waren in 8 Gelenken schwerwiegend und in einem Gelenk geringgradig makroskopisch verändert.

Knöcherne Auflagerungen im Insertionsbereich der Strecksehnen wurden bei 10 Extremitäten beobachtet und traten in etwa zwei Drittel der Fälle in Gelenken mit schwerwiegend makroskopisch veränderter Gelenkfläche Fp und in etwa einem Drittel in Gelenken mit geringgradig veränderter Gelenkfläche Fp auf.

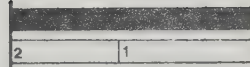
Umschriebene Porosierungen im Bereich des Gelenkkapselansatzes korrelierten etwa je zur Hälfte mit geringgradigen bzw. schwerwiegenden pathologisch-anatomischen Veränderungen.

Diese Korrelationen sind im einzelnen in Abb. 10 dargestellt.

Kombinationen der Befunde "Veränderung der subchondralen Spongiosa" und "Veränderungen der Gelenklinie" wurden bei 9 Fesselgelenken festgestellt. Die entsprechenden Gelenkflächen des proximalen Fesselbeins zeigten ausnahmslos schwerwiegende makroskopische Gelenkknorpelalterationen.

Die histologische Untersuchung einiger Präparate, die auf den Röntgenstrukturaufnahmen deutliche Aufhellungszonen in der subchondralen Spongiosa aufwiesen, ergab Veränderungen wie Knochen- und Knorpelnekrosen, subchondrale Atrophie und Einbrüche von Knorpelgewebe in die subchondrale Spongiosa.

Hakenbildg. dors. Gelenkrand



Hakenbildg. seidl. Gelenkrand



Porosierung dors. Gelenkrand



Porosierung seidl. Gelenkrand



Porosierung der Bandhöcker



Verminderung d. Spongiosaverd.



Verstärkung d. Spongiosaverd.



verwaschene Spongiosazeichnung



Verstärkung der Gelenklinie



Unterbrechung der Gelenklinie



Unsauberkeit d. Gelenkspalts



Auflagerungen dorsal



Insertion Strecksehnen poros.



veränderte Gelenkflächen in %

- : röntgenologisch verändert
- : pathologisch-anatomisch verändert
- 1 : geringgradig
- 2 : schwerwiegend

Abb. 10: Korrelation zwischen pathologisch-anatomischen Veränderungen und röntgenologischen Befunden der Gelenkfläche Fp

3. Fesselbein, distale Gelenkfläche

a. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung

Die Röntgenuntersuchung distaler Fesselbeinabschnitte ergab die im folgenden besprochenen Befunde.

An röntgenologischen Veränderungen der Gelenkrandkonturen (etwa ein Drittel aller Gelenkflächen Fd) wurden bei jeweils einem Sechstel des Materials Haken an den Gelenkrändern bzw. Porosierungen der Gelenkränder beobachtet. Während die Porosierung ausschließlich den dorsalen Gelenkrand betraf, war der Röntgenbefund "Hakenbildung am Gelenkrand" bei über einem Zehntel der Gelenkflächen den seitlichen Gelenkrändern zuzuordnen und nur bei 3 Gelenkflächen (ca. 4%) dem dorsalen Gelenkrand.

Die distalen Bandhöcker des Fesselbeins ließen auf den a.-p. Aufnahmen bei etwa einem Viertel des Materials deutliche Auftreibungen erkennen und bei einem Sechstel der Extremitäten Porosierungen dieses Abschnitts. Die Hälfte der im Röntgenbild porosiert dargestellten distalen Bandhöcker war gleichzeitig aufgetrieben.

Im Bereich der gelenknahen Spongiosa wurden an Veränderungen eine unregelmäßige, verwaschene Spongiosazeichnung, Verminderung der Spongiosaverdichtungszone und verschiedene Formen von Aufhellungszonen beobachtet. Eine Verminderung der Verdichtungszone proximal des Gelenkknorpels wurde bei etwa einem Zehntel und eine verwaschene Trabekelzeichnung der Spongiosa wurde bei 2 Gelenkflächen festgestellt, während umschriebene Aufhellungen lediglich bei 5 Extremitäten beobachtet wurden. In 3 Fällen waren die Aufhellungen in der Mitte der Kondylen, im Bereich der stärksten Vorwölbung lokalisiert und etwa leinsamenkorngroß und oval geformt. Zwei Gelenkflächen Fd zeigten in der Mitte der Trochlea je eine runde, etwa 2 mm große Aufhellung. Diese Aufhellungen konnten nur auf a.-p. Röntgenaufnahmen dargestellt werden, und eine der in den Kondylen gelegenen

Aufhellungszonen war einzig auf der schräg a.-p. Aufnahme identifizierbar (Abb. 28, S.189).

Darüberhinaus wurden bei fast einem Sechstel der Präparate "Gefäßlöcher" als Befund aufgenommen. Diese runden Aufhellungszonen sind meist in unmittelbarem Anschluß an die Gelenklinie zu finden und zeigten bei etwa einem Zehntel der Gelenkfläche etwa Stecknadelkopfgröße, während sie bei vier Extremitäten mit generalisierten Porosierungen etwa senfkorngroß waren.

Die Gelenklinie der Gelenkfläche Fd war nur selten, bei 5 Extremitäten, in Form einer Unterbrechung oder Verstärkung verändert.

Auch bei der Beurteilung des Krongelenkspalts ergaben sich nur bei 3 Gelenken Anhaltspunkte für Unsauberkeiten des Gelenkspalts.

Der dorsale Teil des distalen Fesselbeins war nur selten durch röntgenologische Veränderungen gekennzeichnet und zeigte bei 5 Präparaten knöcherne Auflagerungen.

Porosierungen des gesamten Knochens wurden etwa bei einem Zehntel des Materials beobachtet.

b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung

b.1. Art der makroskopischen Veränderungen

Der Gelenkknorpel der distalen Fesselbeingelenkfläche (Fd) zeigte bei der makroskopischen Untersuchung folgende Befunde:

- Abweichungen in Farbe, Glanz und Glätte
- Knorpelzubildungen
- flächige und umschriebene Abnahme der Knorpelschichtdicke
- Gelenkknorpeldefekte

Der Gelenkknorpel der Gelenkfläche Fd wies bei etwa 50% der Präparate keine makroskopischen Veränderungen auf und

war bei etwa 30% der Gelenkflächen Fd geringgradig und bei etwa 20% der Extremitäten schwerwiegend makroskopisch verändert.

Deutliche Abweichungen in der Farbe des Gelenkknorpels wurden bei etwa einem Sechstel der Gelenkflächen in Form starker Rötung umschriebener Abschnitte beobachtet.

Etwa ein Fünftel der Gelenkflächen hatte durch umschriebene oberflächliche Rauhigkeiten Glanz und Glätte verloren, wobei diese Veränderung meist mit einer Rötung der betreffenden Abschnitte einherging.

Zum Teil überzogen Rauhigkeiten und Rötungen die umschriebenen knorpeligen Zubildungen, die insgesamt bei etwa einem Viertel des Materials beobachtet wurden. Im einzelnen wurden bei etwa 3% der Gelenkflächen hirsekorn-große Knorpelproliferationen festgestellt, und bei etwa einem Zehntel der Gelenkflächen Fd kamen plattenförmige Zubildungen von Gelenkknorpel vor. In der Hälfte dieser Fälle erschien die gesamte Gelenkfläche sehr höckrig, während bei der anderen Hälfte ein Teil der Gelenkfläche - meist die Kondylen oder der zentrale Teil - von einer zur Umgebung abgesetzten Schicht dickeren Knorpels überzogen war. Zubildungen in Form eines knorpeligen Randwulstes wurden ebenfalls bei etwa einem Sechstel der Präparate festgestellt und fanden sich bevorzugt am dorsalen Gelenkrand, konnten jedoch auch an den seitlichen Gelenkrändern ausgebildet sein.

Nur eine der untersuchten Gelenkflächen Fd wies auf einer Gelenkflächenhälfte eine oberflächliche Abnahme der Knorpelschichtdicke auf.

Gelenkknorpeldefekte sind auch auf dieser Gelenkfläche die am häufigsten zu beobachtenden Veränderungen; sie wurden bei gut einem Drittel des Materials festgestellt. Die Defekte wurden etwa zu einem Fünftel als oberflächliche Defekte eingeordnet und knapp zu einem Drittel als mittelgradige Defekte bezeichnet, während der größte Teil dieser Veränderungen, nämlich fast die Hälfte, als tiefe Defekte

klassifiziert wurde.

Darüberhinaus unterschieden sich die Defekte in ihrer Form. In die Gruppe der Knorpeldefekte gehörten auf dieser Gelenkfläche rundliche und schlitzförmige Läsionen von unterschiedlicher Tiefenausdehnung, in den Gelenkknorpel tief "eingefaltet" erscheinende Rillen von 2-4 cm Länge und bis zu 5-pfennigstückgroße Bezirke von vollständigem Knorpelverlust.

Die rund-ovalen Defekte stellten auch auf dieser Gelenkfläche mit einem Anteil von etwa der Hälfte aller Gelenkknorpeldefekte die größte Gruppe dar, während hier die Rillen etwa ein Viertel, die Bezirke von völligem Knorpelverlust ein Sechstel und die Kerben auf dieser Gelenkfläche nur etwa 6% aller Defekte auf der Gelenkfläche Fd ausmachten. Die verschieden geformten Defekte waren zu unterschiedlichen Anteilen in den Gruppen vertreten. Die rund-ovalen Defekte fielen etwa zur Hälfte in die Gruppe tiefe Knorpeldefekte, zu etwa 2 Fünfteln in die Gruppe mittelgradige Defekte und zu einem Zehntel in die Gruppe oberflächliche Defekte. Etwa 2 Drittel der nur selten beobachteten Kerben waren tiefe Defekte und ein Drittel mittelgradige Defekte, während die Bezirke von völligem Knorpelverlust in Anwendung der Einteilungskriterien als tiefe Defekte bezeichnet wurden.

b.2. Lokalisation der unterschiedlichen makroskopischen Veränderungen auf der Gelenkfläche Fd

Auch für die auf dieser Gelenkfläche beobachteten Veränderungen bestehen bevorzugte Lokalisationen, die jedoch nicht bedeutend häufiger Sitz von Gelenkknorpelalterationen als andere Regionen der Gelenkfläche waren.

Eine leichte Häufung von Veränderungen bestand für:

Lokalisation a: eine etwa 5 mm breite Zone des dorsalen Gelenkrandes,

Lokalisation b: Mitte der Gelenkfläche und

Lokalisation c: Zone der stärksten Vorwölbung der Kondylen.

Diese Lokalisationen sind in Abb. 11 dargestellt.

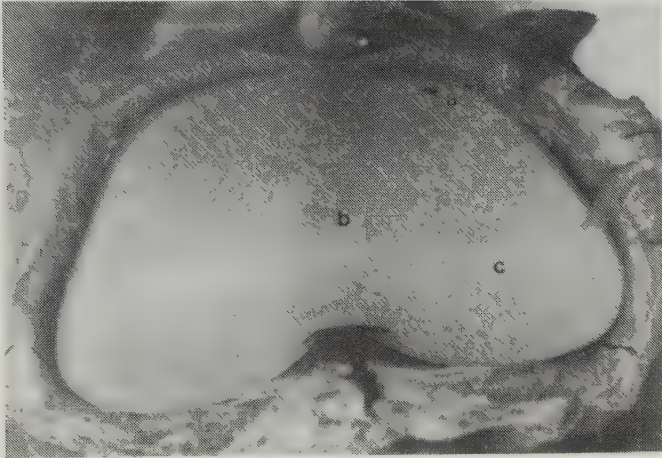


Abb. 11: Aufsicht auf distale Gelenkfläche
des Fesselbeins

a: dorsale Gelenkrandzone

b: Mitte der Gelenkfläche

c: Zone der stärksten Vorwölbung
der Kondylen

In Lokalisation a, der Zone des dorsalen Gelenkrandes, war etwa ein Viertel aller Veränderungen der Gelenkfläche Fd festzustellen. Es handelte sich hierbei um gerötete, rauhe Bezirke, rund-ovale und schlitzförmige Defekte und Rinnen im Gelenkknorpel. Bei 6 Gelenkflächen waren dorsal rechts und links der sattelförmigen Einziehung der Trochlea des Fesselbeins Rauigkeiten und runde bis halbmondförmige Defekte lokalisiert. Die übrigen Defekte verteilten sich auf andere Lokalisationen des dorsalen Randes, und die Rillen verliefen parallel zum Gelenkrand.

Ein Sechstel der auf der Gelenkfläche Fd lokalisierten Veränderungen befand sich in der Mitte der Gelenkfläche, in Lokalisation b. Hier wurden plattenförmige Zubildungen von Knorpel, Rauigkeiten, runde und schlitzförmige Defekte beobachtet.

In Lokalisation c, der Zone der stärksten Vorwölbung der Kondylen, wurden fast alle Bezirke von völligem Knorpelverlust, die auf der Gelenkfläche Fd vorkamen, festgestellt (8 Fälle).

Die Hälfte aller Veränderungen war bei dieser Gelenkfläche allerdings nicht in den genannten Regionen lokalisiert.

b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer Veränderungen der distalen Fesselbeingelenkfläche

Gelenkflächen, die einen knorpeligen Randwulst aufwiesen, hatten darüberhinaus zu etwa 2 Fünfteln schwerwiegende Veränderungen und zu 3 Fünfteln keine oder nur geringgradige makroskopische Veränderungen.

Dagegen wurden auf keiner der Gelenkflächen mit plattenförmigen Zubildungen von Gelenkknorpel im Zentrum der Gelenkfläche gleichzeitig schwerwiegende Veränderungen beobachtet.

In Gelenken mit Bezirken von völligem Knorpelverlust fanden sich zu etwa 3 Vierteln außerdem andere tiefe oder mittelgradige Gelenkknorpeldefekte. Bei einem Drittel dieser Gelenkflächen wurden in den knorpellosen Bezirken kleine, steck-

nadelkopfgroße Defekte festgestellt.

Veränderungen des Gelenkknorpels in Form von Rauigkeiten und Rötungen gingen etwa zur Hälfte mit schwerwiegenden Gelenkknorpelalterationen einher.

Die Defektdichte auf dieser Gelenkfläche Fd betrug 1.6.

c. Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse in Beziehung zu
röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Befunden

Auch bei der Gelenkfläche Fd interessierten besonders Strukturveränderungen der gelenknahen Spongiosaabschnitte und der Gelenklinie.

Recht vielgestaltig stellte sich die subchondrale Spongiosa auf den Röntgenstrukturaufnahmen dar. Auf Knochen-scheiben der distalen Fesselbeinabschnitte fiel zunächst auf, daß sich proximal der meist schmalen Spongiosaverdichtungszone 2 weitere Zonen mit einer charakteristischen Spongiosazeichnung anschließen. Zunächst folgt auf die Verdichtungszone eine Zone von quergetroffenen Knochenbälkchen in unterschiedlicher Breite, der sich nach proximal eine unscharf begrenzte Spongiosazone anschließt, die sich durch eine unregelmäßige Spongiosastruktur mit unregelmäßiger Trabekelzeichnung auszeichnet (Abb. 12).

Alle drei Zonen variierten in ihren Abmessungen.

Die subchondrale Verdichtungszone zeigte auf den Röntgenstrukturaufnahmen bei insgesamt der Hälfte des Materials Veränderungen wie Verringerung, Verstärkung sowie einen unregelmäßigen Verlauf und abrupte Unterbrechungen und Zacken in der Begrenzung zum übrigen Spongiosagewebe. Von den genannten Veränderungen wurde eine Verschmälerung der Verdichtungszone am häufigsten, bei etwa einem Drittel der Gelenkflächen Fd, in unterschiedlicher Ausprägung beobachtet. In einigen Fällen war die sonst deutlich dargestellte bandförmige Zone erhöhter Strahlendichte durch eine nur geringgradig verdichtete Spongiosa ersetzt, deren Trabekel zum Teil einzeln



Abb. 12 : normales Bild einer Röntgenstrukturaufnahme
des distalen Fesselbeins
a : schmale Spongiosaverdichtungszone
b : Zone der quergetroffenen Spongiosabälkchen
c : Zone unregelmäßiger Trabekelzeichnung
d : angedeutete Epiphysennarbe

erkennbar waren.

In einem Vergleich der Ergebnisse von Röntgenstrukturanalyse und Röntgenuntersuchung konnten die groben röntgenologischen Veränderungen (Hakenbildung, Auflagerungen etc.) im wesentlichen bestätigt werden.

Veränderungen der Spongiosastruktur auf den Röntgenaufnahmen setzten sich aus Verschmälerungen der Verdichtungszone und aus einer verwaschenen Zeichnung der Spongiosa zusammen. Die verschmälerte Verdichtungszone konnte in allen Fällen auf den Röntgenstrukturaufnahmen nachvollzogen werden und wurde häufig bei Extremitäten mit generalisierten Porosierungen der Knochenstruktur beobachtet. Etwa zwei Drittel der Präparate mit einer Verminderung der Spongiosaverdichtungszone wiesen auf den Röntgenstrukturaufnahmen eine Verstärkung der Gelenklinie auf.

Korrelate der röntgenologisch festgestellten verwaschenen Spongiosazeichnung waren auf den Röntgenstrukturaufnahmen Unterbrechungen von Gelenklinie und subchondraler Verdichtungszone.

Die auf Röntgenaufnahmen festgestellten Zonen von erhöhter Strahlendurchlässigkeit hatten auf den Röntgenstrukturaufnahmen recht unterschiedliche Entsprechungen. "Kleine Gefäßblöcher" auf Röntgenaufnahmen korrelierten in allen Fällen mit einer Verschmälerung der Verdichtungszone und zu etwa einem Drittel mit ähnlichen Aufhellungszonen auf den Strukturaufnahmen. Sowohl die in den Kondylen lokalisierten Aufhellungen als auch die "großen Gefäßblöcher" konnten in allen Fällen durch entsprechende Aufhellungszonen auf den Röntgenstrukturaufnahmen verifiziert werden.

Lediglich die bei wenigen Extremitäten in der Mitte der Trochlea des Fesselbeins beobachteten Aufhellungen waren nicht mit ähnlichen Veränderungen auf den Röntgenstrukturaufnahmen verknüpft.

Veränderungen der Gelenklinie wie Unterbrechung und Verstärkung gehören eher zu den seltenen Röntgenbefunden des distalen Fesselbeins. Sie konnten in einigen Fällen auf den

Röntgenstrukturaufnahmen nachvollzogen werden.

Unsauberkeiten im Krongelenkspalt wurden nur bei 3 Fällen beobachtet, von denen zwei eine Unterbrechung der Gelenklinie und Veränderungen im Bereich der subchondralen Spongiosa auf den Röntgenstrukturaufnahmen zeigten.

In einem Vergleich der Ergebnisse von Röntgenstrukturanalyse und makroskopischer Untersuchung wurden im einzelnen folgende Beziehungen erarbeitet:

Die Gelenkflächen, die bei der Röntgenstrukturanalyse eine Verschmälierung der subchondralen Verdichtungszone erkennen ließen, waren makroskopisch zu 3 Fünfteln nicht verändert und jeweils zu einem Fünftel geringgradig bzw. schwerwiegend verändert. Alle diese Fälle mit Korrelationen zu schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen zeigten auf den Röntgenstrukturaufnahmen gleichzeitig mit der Verschmälierung eine Unterbrechung oder Zacke in der Grenzlinie der Verdichtungszone zum übrigen Spongiosagewebe.

Betrachtet man nur die Gelenkflächen mit einer Unterbrechung der gelenkfernen Begrenzungslinie der Verdichtungszone auf den Strukturaufnahmen (ein Sechstel des Materials), so kommt man zu dem Ergebnis, daß sie fast alle (9 Zehntel) schwerwiegende und nur zu einem Zehntel geringgradige makroskopische Veränderungen aufwiesen.

Bei 4 Gelenkflächen Fd war der Verlust der Spongiosaverdichtungszone auf den Röntgenstrukturaufnahmen durch Unregelmäßigkeit gekennzeichnet. Jeweils zwei dieser Gelenkflächen hatten geringgradige bzw. schwerwiegende makroskopische Veränderungen.

Dieses Verhältnis bestand ungefähr auch für die bei Gelenkflächen des distalen Fesselbeins vorgefundene Verbreiterung der Verdichtungszone auf den Röntgenstrukturaufnahmen.

Die oben genannte Zone von quergetroffenen Spongiosabälkchen zeigte bei etwa einem Fünftel der Gelenkflächen auf Röntgenstrukturaufnahmen Abweichungen in ihrer Breite und zwar in

jeweils der Hälfte der Fälle eine Verbreiterung bzw. eine Verschmälerung.

Ebensolche Veränderungen der Zone der unregelmäßig angeordneten Knochenbälkchen wurden bei etwa einem Sechstel des Materials auf Röntgenstrukturaufnahmen festgestellt.

Veränderungen der Schichtdicke sowohl der Zone der quergetroffenen Bälkchen als auch der Zone der unregelmäßig angeordneten Bälkchen standen nicht in Beziehung zu bestimmten makroskopischen Gelenkknorpelveränderungen.

Nur bei 5 der distalen Fesselbeingelenkflächen wurden deutliche, umschriebene Aufhellungen auf den Röntgenstrukturaufnahmen beobachtet. Sie waren rundlich bis oval und ihre Größe schwankte von 2 bis 4 mm im Durchmesser (Abb. 13). Die pathologisch-anatomische Untersuchung dieser Gelenkflächen hatte in allen Fällen schwerwiegende Veränderungen wie tiefe Knorpeldefekte ergeben.

Durch die Röntgenstrukturanalyse ergaben sich bei einem Viertel der Gelenkflächen Fd Anzeichen für eine Veränderung der Gelenklinie, die bei jeweils einem Zehntel der Gelenkflächen verstärkt bzw. unterbrochen war und bei 6 Gelenkflächen einen gezackten Verlauf aufwies. Etwa drei Viertel der Gelenkflächen mit einer Verstärkung der Gelenklinie hatten keine bzw. geringgradige makroskopische Veränderungen und nur ein Fünftel war makroskopisch schwerwiegend verändert. Auffallend ist, daß etwa zwei Drittel der Extremitäten mit einer Verstärkung der Gelenklinie auf den Röntgenstrukturaufnahmen gleichzeitig eine sehr lockere Knochenstruktur aufwiesen.

In allen Fällen korrelierte dagegen die bei etwa einem Zehntel der Gelenkflächen Fd auf Röntgenstrukturaufnahmen beobachtete Unterbrechung der Gelenklinie mit schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen.

Von 6 Gelenkflächen mit einem gezackten Verlauf der Gelenklinie auf den Röntgenstrukturaufnahmen wiesen 4 schwerwiegende makroskopische Befunde auf.

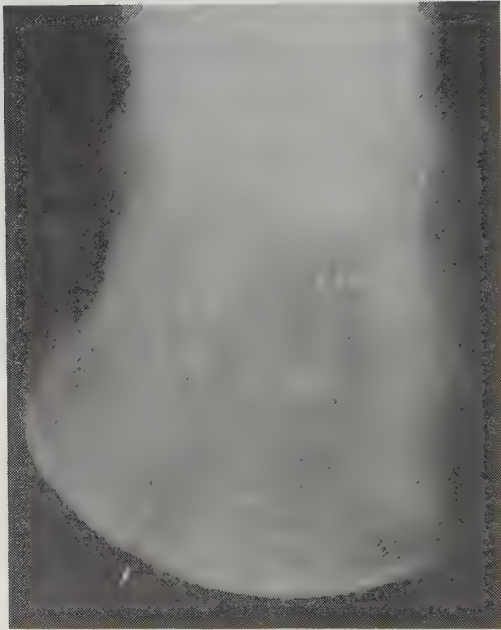


Abb. 13 : Röntgenstrukturaufnahme eines distalen Fesselbeins mit einer Aufhellung (Pfeil), in deren Umgebung sich eine Sklerosierung andeutet. Proximal der Läsion sind einige erweiterte Gefäßkanäle zu erkennen.

d. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit
Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung

Die Gelenkflächen des distalen Fesselbeins, deren Röntgenbefund "Hakenbildung an den seitlichen Gelenkrändern" lautete, wiesen zu etwa 3 Vierteln geringgradige bzw. keine makroskopischen Veränderungen auf und waren nur zu einem Viertel makroskopisch schwerwiegend verändert.

Dagegen wiesen die drei Gelenkflächen, die auf Röntgenaufnahmen einen dorsalen Randwulst erkennen ließen, übereinstimmend schwerwiegende makroskopische Veränderungen auf.

Gelenkflächen mit einer Porosierung des dorsalen Gelenkrandes hatten jeweils zu einem Drittel keine, geringgradige bzw. schwerwiegende pathologisch-anatomische Veränderungen.

Die auf a.-p. Röntgenaufnahmen recht häufig beobachteten Auftreibungen der distalen Bandhöcker des Fesselbeins korrelierten etwa zu zwei Dritteln mit keinen bzw. geringgradigen und nur zu einem Drittel mit schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen.

Porosierungen dieser Bandhöcker wurden bei etwa einem Sechstel der Krongelenke festgestellt. Die entsprechenden Gelenkflächen Fd ergaben bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung zu etwa einem Sechstel schwerwiegende Veränderungen des Gelenkknorpels und zu gleichen Teilen geringgradige bzw. keine Gelenkknorpelalterationen.

Die zwei Gelenkflächen mit dem Bild einer unregelmäßigen, verwaschenen Spongiosazeichnung auf Röntgenaufnahmen ließen bei der makroskopischen Untersuchung tiefe Knorpel-läsionen, also schwerwiegende Gelenkknorpelveränderungen, erkennen.

War das röntgenologische Bild der distalen Fesselbeinanteile durch eine Verminderung der Verdichtungszone charakterisiert, wurden bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung der zwei Gelenkflächen mit diesem Befund, die keine generalisierte Porosierung der Knochenstruktur aufwiesen, einmal

schwerwiegende und einmal geringgradige Knorpelalterationen beobachtet.

Die verschiedenen Formen von Aufhellungszonen standen in unterschiedlicher Beziehung zu pathologisch-anatomischen Befunden. Über drei Viertel der Gelenkflächen mit röntgenologisch erfaßten "kleinen Gefäßblöchern" in der subchondralen Spongiosa zeichneten sich bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung durch einen intakten und unveränderten Gelenkknorpel aus, und nur bei etwa einem Fünftel waren schwerwiegende oder geringgradige Gelenkknorpelalterationen erkennbar. "Große Gefäßblöcher" gingen bei der makroskopischen Untersuchung der entsprechenden Gelenkflächen in 3 Viertel der Fälle mit geringgradigen und in einem Viertel mit schwerwiegenden Veränderungen einher.

Dagegen wiesen die Gelenkflächen, deren röntgenologisches Bild u.a. umschriebene, in den Kondylen lokalisierte Aufhellungen darstellte, ausschließlich schwerwiegende makroskopische Befunde auf, und zwar in allen Fällen tiefe Knorpel-läsionen. Auf den entsprechenden Röntgenstrukturaufnahmen konnte der Röntgenbefund bestätigt werden.

Nur selten wurden Aufhellungszonen in der Mitte der Gelenkfläche beobachtet. Die pathologisch-anatomische Untersuchung ergab in diesen Fällen zwar lediglich geringgradige Gelenkknorpelveränderungen, zeigte jedoch gleichzeitig eine anatomische Abweichung in der Form der distalen Fesselbeingelenkfläche und lieferte so eine Erklärung für die auf Röntgenaufnahmen festgestellten Aufhellungen. Hierbei ragte von der Palmarseite her eine dreieckig geformte, knorpellose Grube mit ihrer Spitze weit zwischen die Gelenkrollen in die sattelförmige Einziehung der Trochlea hinein.

Die Gelenklinie stellte sich röntgenologisch nur bei wenigen Gelenkflächen verändert dar, die in allen Fällen bei der makroskopischen Untersuchung in die Tiefe reichende Knorpeldefekte aufwiesen.

Lediglich bei drei Extremitäten wurde an Hand von

Röntgenaufnahmen der Verdacht auf Unsauberkeiten des Kron-
gelenkspalts erhoben, von denen zwei Extremitäten schwer-
wiegende Veränderungen der Gelenkfläche Fd zeigten und ein
Präparat lediglich geringgradig makroskopisch verändert war.

Überwiegend mit geringgradigen makroskopischen Ver-
änderungen und nur in einem Fünftel der Fälle mit schwer-
wiegenden Knorpelalterationen korrelierte der Röntgenbefund
"knöcherne Auflagerungen auf dem dorsalen, distalen Teil des
Fesselbeins".

Diese Korrelationen sind in Abb. 14 zusammengestellt.

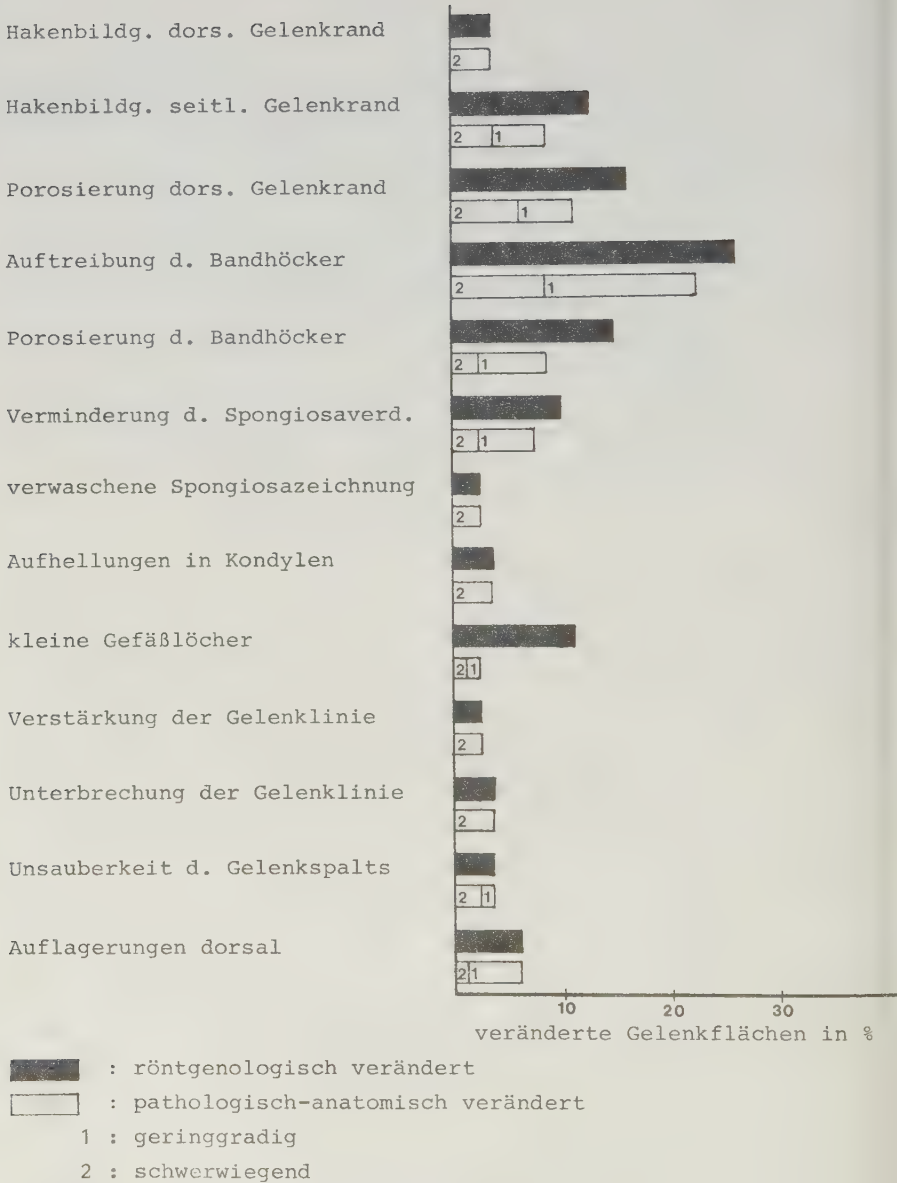


Abb. 14: Korrelationen zwischen pathologisch-anatomischen Veränderungen und röntgenologischen Befunden der Gelenkfläche Fd

4. Kronbein, proximale Gelenkfläche

a. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung

An proximalen Kronbeinanteilen (Kp) wurden bei der Auswertung der Röntgenaufnahmen folgende Befunde erhoben:

Veränderungen der Gelenkrandkonturen wurden insgesamt bei der Hälfte der Gelenkflächen beobachtet, von denen etwa ein Drittel Hakenbildung an den Gelenkrändern und etwa ein Sechstel Porosierungen der Gelenkränder aufwies.

Röntgenologisch feststellbare Haken an den Gelenkrändern fanden sich bevorzugt am dorsalen Gelenkrand und wurden bei etwa einem Viertel der Präparate auf den latero-medialen Röntgenaufnahmen beobachtet, während nur etwa ein Zehntel der proximalen Kronbeingelenkflächen Hakenbildung an den seitlichen Gelenkrändern aufwies.

Umschriebene Porosierungen des Gelenkrandes wurden bei etwa einem Zehntel der Gelenkflächen am dorsalen Gelenkrand festgestellt und nur bei 5 Kronbeinen am gesamten proximalen Gelenkrand.

Die proximalen Bandhöcker des Kronbeins stellten sich röntgenologisch nur selten verändert dar; so wurden lediglich bei 3 Kronbeinen Auftreibungen der Bandhöcker beobachtet, die meistens gleichzeitig auch Porosierungen zeigten.

Die Zeichnung der subchondralen Spongiosa im proximalen Kronbeinbereich konnte wegen der Dichte der Strukturen nicht immer befundet werden; ein großer Teil des Kronbeins wird vom Hufhorn sowie Weichteilgewebe überlagert, und das proximale Kronbein weist darüberhinaus eine relativ breite subchondrale Verdichtungszone auf (Abb. 17). Diese Faktoren bedingen eine mehr oder weniger homogen-weiße Darstellung des Kronbeins auf den meisten latero-medialen Röntgenaufnahmen. Die unterschiedliche Schwärzung der ossären distalen Extremitätenanteile, die z.B. beim Fesselbein eine kontrastreiche Darstellung ermöglicht, ist am Beispiel einer seitlichen Zehengelenks-Röntgenaufnahme dargestellt (Abb. 15).



Abb. 15 : latero-mediale Zehengelenksröntgenaufnahme
ohne besondere Röntgenbefunde

Kron- und Hufbeinanteile stellen sich im Vergleich zum Fesselbein dichter, als m.o.w. homogene Verschattung dar. Die innere Knochenstruktur ist nur begrenzt zu erkennen, während sie besonders in proximalen Fesselbeinabschnitten gut zu beurteilen ist. Die Spongiosa dieser Zehe zeigt im proximalen, dorsalen Fesselbein eine normale Zeichnung (Pfeile).

Trotzdem konnten bei etwa einem Zehntel der proximalen Gelenkfläche des Kronbeins Veränderungen der subchondralen Spongiosa festgestellt werden. Hierbei handelte es sich um Verringerung, Verbreiterung oder verwaschene Zeichnung der Spongiosa; diese Veränderungen wurden etwa gleich oft beobachtet.

In der subchondralen Spongiosa lokalisierte Aufhellungen wurden nur bei drei Gelenkflächen auf den Röntgenaufnahmen festgestellt, wobei in zwei dieser Fälle lediglich ein Verdacht geäußert werden konnte. Die Aufhellungen wurden alle auf a.-p. Aufnahmen, meist sowohl auf den schräg-a.-p. als auch auf den horizontalen a.-p. Aufnahmen erkannt und variierten von Senfkorn- bis zu Linsengröße.

Die Gelenklinie konnte gut auf latero-medialen und auch auf a.-p. Aufnahmen beurteilt werden und war bei 11 Gelenkflächen Kp durch Veränderungen gekennzeichnet. Von diesen Gelenkflächen wies die Hälfte (5 Präparate) eine Verstärkung der Gelenklinie auf, während die übrigen Gelenkflächen Unterbrechungen (Abb. 28, S.189), kleine Zacken oder Verschmälerungen der Gelenklinie zeigten.

Nur für drei der untersuchten Krongelenke wurde der Verdacht auf Unsauberkeiten des Krongelenkspalts ausgesprochen.

Der bei der Gelenkfläche Kp am häufigsten erhobene Röntgenbefund sind Auflagerungen auf der Dorsalfläche des Kronbeins. Diese gut zu erfassenden knöchernen, teils wolkig und locker, teils auch ausgedehnt und dicht erscheinenden Auflagerungen wurden bei etwa einem Viertel des Materials auf den dorsalen Kronbeinanteilen beobachtet. Bei einem Viertel dieser Fälle waren diese Veränderungen stark ausgeprägt, während in den übrigen Fällen die Auflagerungen zum Teil nur von geringem Umfang waren.

Generalisierte Porosierungen des Kronbeins waren aus oben genannten Gründen weniger deutlich als bei den anderen Knochen zu beurteilen und wurden, unter Vergleich der Kronbeindichte unterschiedlicher Extremitäten, bei etwa einem

Zehntel des Materials festgestellt.

Vom Gesamtmaterial der untersuchten proximalen Kronbeinflächen zeigte ein hoher Prozentsatz röntgenologische Veränderungen, und zwar etwa 3 Viertel der Gelenkflächen Kp, wobei zum Teil auch verschiedene Röntgenbefunde des proximalen Kronbeins gleichzeitig bei einer Extremität beobachtet wurden. Die distalen Kronbeine mit Auflagerungen (dorsal) hatten häufig, zu etwa 3 Vierteln, gleichzeitig andere röntgenologische Veränderungen des proximalen Kronbeins. Ähnliches gilt für Gelenkflächen mit einer Veränderung im Bereich der subchondralen Spongiosaverdichtungszone, sie wiesen ebenfalls zu 3 Vierteln gleichzeitig andere Röntgenbefunde auf.

b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung

b.1. Art der makroskopischen Veränderungen

Auf der proximalen Gelenkfläche des Kronbeins wurden folgende Veränderungen festgestellt:

- Abweichungen in Farbe, Glanz und Glätte
- Knorpelzubildungen
- Abnahme der Knorpelschichtdicke
- Gelenkknorpeldefekte

Von den untersuchten Gelenkflächen Kp waren 37% ohne makroskopische Veränderungen, während 39% geringgradige makroskopische Veränderungen aufwiesen und 24% durch schwerwiegende makroskopische Veränderungen gekennzeichnet waren.

Abweichungen der Gelenkknorpelfarbe wurden besonders als Rötungen beobachtet, die meist auf Abschnitten mit anderen Gelenkknorpelveränderungen, wie knorpeligen Zubildungen von Rauigkeiten, lokalisiert waren. Insgesamt wies über ein Viertel der Gelenkflächen Kp umschriebene oder flächenhafte Rötungen des Gelenkknorpels auf.

Rauigkeiten des Gelenkknorpels traten hier meist auf relativ kleinen, umschriebenen Regionen der Gelenkfläche auf

und wurden bei etwa der Hälfte der Extremitäten festgestellt.

Zubildungen von Gelenkknorpel wurden auf dieser Gelenkfläche bei gut einem Fünftel des Materials gefunden. Dies waren Randwülste bei knapp einem Zehntel der Gelenkflächen, plattenförmige Zubildungen von Knorpel bei etwa 6% der Gelenkflächen, Ausbildung einer höckrigen Gelenkfläche bei etwa 5% und bei einer Gelenkfläche einige senfkorngroße Erhebungen von Gelenkknorpel.

Nur bei etwa einem Zehntel der proximalen Kronbeingelenkflächen wurden Bezirke mit einer ausgedehnten, umschriebenen Abnahme der Knorpelschichtdicke festgestellt. In diesen Fällen handelte es sich meist um Ausdünnungen von Gelenkknorpel, die etwa ein Viertel der Gelenkfläche betrafen und in der Nähe des dorsalen oder palmaran Gelenkrandes lokalisiert waren.

Die Gruppe der Gelenkknorpeldefekte war auf dieser Gelenkfläche mit über der Hälfte aller Veränderungen am stärksten vertreten. Insgesamt wies etwa ein Drittel aller Gelenkflächen Kp Defekte auf.

Als oberflächliche Defekte wurde knapp ein Viertel der auf dieser Gelenkfläche beobachteten Defekte bezeichnet, während der größte Teil, knapp die Hälfte als mittelgradige Defekte und fast ein Drittel als tiefe Defekte klassifiziert wurden.

Es wurden recht unterschiedliche Formen von Defekten beobachtet. Die rund-ovalen Defekte stellten auch hier mit einem Anteil von etwa der Hälfte die größte Gruppe innerhalb der Defekte dar, während Bezirke mit Abrieb oberflächlicher oder mittlerer Knorpelschichten ein Drittel aller Defekte ausmachten. In den Knorpel wie "eingefaltet" erscheinende Rinnen bildeten etwa ein Zehntel und Kerben, also schlitzförmige Defekte, lediglich 4% aller auf der Gelenkfläche Kp festgestellten Defekte.

Die verschiedenen, zu den einzelnen Gruppen zählenden Defekte werden im folgenden mit ihren Anteilen von der Gesamtheit

der auf der Gelenkfläche Kp beobachteten Defekte angeführt.

Da die verschiedenen Formen von Defekten in einigen Fällen nur sehr selten beobachtet wurden, werden diese in absoluten Zahlen angegeben.

In die Gruppe der oberflächlichen Defekte fielen halbmondförmige Bezirke mit Verlust nur oberflächlicher Knorpelschichten (4 Fälle), mehrere sehr kleine Defekte, die auf einem eng umschriebenen Bezirk der Gelenkfläche lokalisiert waren (6 Fälle), kleine schlitzförmige Defekte (1 Fall) und stecknadelkopfgroße, glattrandige oberflächliche Defekte (1 Fall).

Die mittelgradigen Defekte wurden überwiegend von entweder halbmondförmigen, linsengroßen oder bis zu pfenniggroßen Bezirken repräsentiert, die insgesamt ein Viertel aller auf der Gelenkfläche Kp beobachteten Defekte darstellten. Darüberhinaus zählten zu dieser Gruppe rinnenförmige Ausdünnungen von Gelenkknorpel, die die Gelenkfläche meist in kranio-kaudaler Richtung überzogen (ein Zehntel) und stecknadelkopfgroße, relativ tiefe Defekte (ein Achtel aller Defekte).

Die Gruppe der tiefen Defekte wurde fast ausschließlich von rund-ovalen Defekten gebildet und nur in einem Fall von einer Kerbe.

b.2. Lokalisation der unterschiedlichen makroskopischen Veränderungen auf der Gelenkfläche Kp

Die auf der Gelenkfläche Kp beobachteten Gelenkknorpelveränderungen waren bevorzugt in folgenden Lokalisationen festzustellen:

Lokalisation a: eine etwa 5 mm breite Zone des dorsalen Gelenkrandes.

Lokalisation b: Mitte der Gelenkfläche

Lokalisation c: eine etwa 5 mm breite Zone des palmaren Gelenkrandes.

Die einzelnen Regionen sind in Abb. 16 dargestellt.

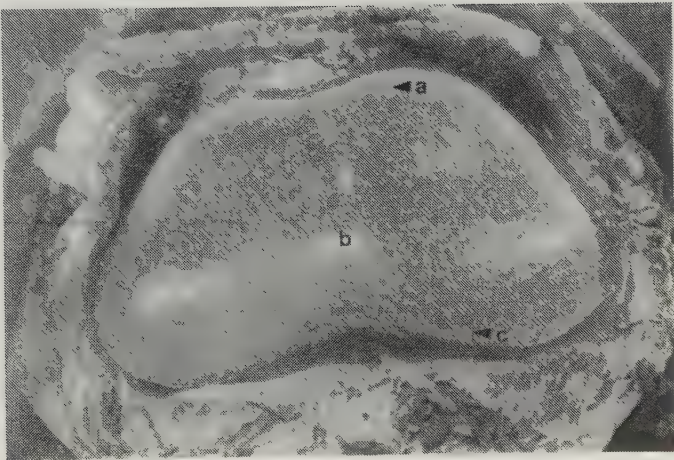


Abb. 16 : Aufsicht auf proximale Kronbeingelenkfläche

- a : Zone des dorsalen Gelenkrandes
- b : Mitte der Gelenkfläche
- c : Zone des palmaren Gelenkrandes

In Lokalisation a, Zone des dorsalen Gelenkrandes, wurden bei etwa einem Viertel aller Gelenkflächen Kp Veränderungen beobachtet. In einem Fünftel dieser Fälle handelte es sich dabei um umschriebene Verschmälnerung der Gelenkknorpelschicht und um Rinnen. Der größte Teil der am dorsalen Gelenkrand lokalisierten Veränderungen, 4 Fünftel, war beiderseits des Sagittalkamms in Form halbmondförmiger Bezirke festzustellen. Diese charakteristische Form von Veränderungen, die insgesamt bei einem Sechstel der untersuchten Gelenkflächen Kp vorkam, wurde in erster Linie von Bezirken mit unterschiedlicher Zerstörung des Gelenkknorpels, seltener auch von Rauigkeiten odr Knorpelzubildungen gebildet.

In der Mitte der Gelenkfläche, Lokalisation b, wurden bei einem Drittel der Gelenkflächen Kp Veränderungen beobachtet. In einem Drittel dieser Fälle handelte es sich dabei um stecknadelkopfgroße oder senfkorngroße Defekte, die genau in der Mitte der Gelenkfläche lokalisiert waren. Sie wurden etwa bei einem Zehntel aller Gelenkflächen Kp festgestellt. Die in der Mitte der Gelenkflächen beobachteten Veränderungen setzten sich darüberhinaus zu etwa einem Sechstel aus plattenförmigen Zubildungen von Gelenkknorpel mit bis zu 2,5 x 1,5 cm Größe, zu etwa einem Drittel aus geröteten, rauen Bezirken der gleichen Ausdehnung und zu etwa einem Sechstel aus den zuvor beschriebenen Rinnen im Gelenkknorpel zusammen.

Die Zone des palmaren Gelenkrandes, Lokalisation c, wies bei knapp einem Fünftel der Gelenkflächen Kp Veränderungen auf. Hier wurden zu etwa 3 Vierteln Defekte, wie rund-ovale Defekte und Bezirke von partiellem Knorpelverlust, und zu einem Viertel nur auf die palmare Gelenkrandzone begrenzte Verschmälnerungen der Gelenkknorpelschicht beobachtet.

b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer
Veränderungen der proximalen Kronbeingelenkfläche

Wie oben ausgeführt wurde, scheint die Mitte der Gelenkfläche eine bevorzugte Lokalisation runder Defekte zu sein. Etwa die Hälfte dieser Fälle zeigte bei der makroskopischen Untersuchung gleichzeitig halbmondförmige Bezirke von Knorpelverlust am dorsalen Gelenkrand, beiderseits des Sagittalkamms.

Gelenkflächen mit einem knorpeligen Randwulst zeigten zur Hälfte gleichzeitig Knorpeldefekte.

Die Defektdichte betrug auf der Gelenkfläche Kp 2.

Veränderungen am dorsalen Gelenkrand, neben dem Sagittalkamm, wie Rauigkeiten und Defekte traten in der Regel medial und lateral gleichzeitig auf.

c. Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse in Beziehung zu
röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Befunden

Besondere Beachtung fand bei der Auswertung der Röntgenstrukturaufnahmen die Darstellung der Gelenklinie und der subchondralen Spongiosa. Die subchondrale Verdichtungszone dieser Gelenkfläche konnte auf den Röntgenstrukturaufnahmen gut beurteilt werden und wies hier einige Besonderheiten auf. So ist sie hier z.B. relativ breit angelegt (Abb. 17) und zeigte darüberhinsaus zwischen den einzelnen Extremitäten ausgeprägte individuelle Schwankungen in ihrer Breite und Dichte. Auch der Verlauf der Verdichtungszone, d.h. die Grenzlinie von Spongiosaverdichtungszone zum übrigen Spongiosagewebe, konnte mehr oder weniger regelmäßig gezeichnet sein.

Im Vergleich der Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse mit den Röntgenbefunden wurden grobe röntgenologische Veränderungen wie Hakenbildung, Porosierung und Auflagerungen im wesentlichen durch die Röntgenstrukturanalyse bestätigt.

Allerdings konnte ein Teil von Haken am dorsalen Gelenkrand,



Abb. 17 : normales Bild einer Röntgenstrukturauf-
nahme des Kronbeins

die auf den Strukturaufnahmen erfaßt wurden, bei der Röntgenuntersuchung nicht festgestellt werden.

Die auf Röntgenaufnahmen beobachteten Veränderungen der subchondralen Spongiosa im Sinne einer Verbreiterung, Versmälerung etc. ließen sich auf den Röntgenstrukturaufnahmen nur etwa zur Hälfte nachvollziehen.

Bei einigen Gelenkflächen war auf Grund der Röntgenuntersuchung der Verdacht auf Aufhellungen in der gelenknahen Spongiosa ausgesprochen worden; er wurde in keinem Fall durch entsprechende Befunde der Röntgenstrukturanalyse bestätigt.

Im Gegensatz dazu zeigten Gelenkflächen mit dem Röntgenbefund "Veränderung der Gelenklinie" in fast allen Fällen (über 4 Fünftel) auf den Röntgenstrukturaufnahmen die gleichen Veränderungen.

Alle Gelenkflächen mit Unsauberkeiten im Bereich des Krongelenkspalts auf Röntgenaufnahmen wiesen auf den Röntgenstrukturaufnahmen Veränderungen der Gelenklinie auf; jeweils zwei dieser drei Fälle ließen auf den Röntgenstrukturaufnahmen Unterbrechungen der Gelenklinie bzw. Aufhellungen in der subchondralen Spongiosa erkennen.

Der Vergleich von Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung und der Röntgenstrukturanalyse wird im folgenden dargelegt.

Veränderungen der Spongiosa im gelenknahen Bereich auf den Röntgenstrukturaufnahmen schienen nicht mit einer bestimmten Art von Knorpelveränderungen verknüpft zu sein. So waren Gelenkflächen mit einer Verbreiterung der Verdichtungszone zu gleichen Teilen makroskopisch nicht, geringgradig bzw. schwerwiegend verändert. Gelenkflächen mit einem unregelmäßigen Verlauf der Spongiosaverdichtung waren zur Hälfte makroskopisch nicht verändert und wiesen in der Hälfte aller Fälle geringgradige und schwerwiegende Gelenkknorpelveränderungen auf. Lautete der Befund der Röntgenstrukturaufnahmen "Versmälerung der Verdichtungszone", wurden noch kleinere Rela-

tionen zu schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen der Gelenkfläche als bei den zuvor genannten Veränderungen der subchondralen Spongiosa beobachtet.

Die auf den Röntgenstrukturaufnahmen der Gelenkfläche Kp dargestellten Aufhellungen (Abb. 18) eigneten sich offensichtlich nicht immer dazu, Aussagen über die Knochenbeteiligung von Defekten ableiten zu können.

Aufhellungen innerhalb der Spongiosaverdichtung wurden insgesamt bei etwa einem Sechstel der proximalen Kronbeingelenkflächen auf Röntgenstrukturaufnahmen festgestellt, von denen drei Viertel rund und bis zu hirsekorn groß und ein Viertel mehr länglich, etwa pinienkern groß, waren. Letztere schlossen sich unmittelbar parallel der Gelenklinie an. Von den Gelenkflächen mit runden Aufhellungszonen wiesen etwa 4 Fünftel makroskopisch deutliche Gelenkknorpeldefekte auf, und ein Fünftel war makroskopisch nicht verändert. In den Fällen, die eine länglich geformte Aufhellung unter der Gelenklinie aufwiesen, wurden lediglich geringgradige Gelenkknorpelalterationen bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung gefunden. Bei letztgenannten Extremitäten waren meistens auch generalisierte Knochenporosierungen erkennbar.

Für die Gelenkflächen mit Veränderungen der Gelenklinie auf den Röntgenstrukturaufnahmen ließen sich eindeutige Zuordnungen zu pathologisch-anatomischen Veränderungen vornehmen. So wiesen Gelenkflächen mit Zackenbildung im Verlauf der Gelenklinie zu zwei Dritteln oberflächliche, aber auch tiefe Defekte auf.

In den Fällen mit einer deutlichen Verstärkung der Gelenklinie auf den Röntgenstrukturaufnahmen wurden bei 3 Fünfteln der Gelenkflächen bei der makroskopischen Untersuchung Defekte festgestellt, während die Gelenkflächen mit einer Unterbrechung der Gelenklinie zu 9 Zehnteln tiefe Defekte aufwiesen.

Jede der genannten Alterationen der Gelenklinien wurde bei etwa einem Zehntel der Gelenkflächen Kp auf den Röntgenstruk-



Abb. 18 : Auf der proximalen Kronbeingelenkfläche
Kerbe mit Unterbrechung der Gelenklinie
und Aufhellung in sklerosierter Spongiosa

turaufnahmen beobachtet.

d. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit
Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung

Die einzelnen an proximalen Kronbeinabschnitten erhobenen Röntgenbefunde wiesen recht unterschiedliche Korrelationen zu pathologisch-anatomischen Untersuchungsergebnissen auf.

Hakenbildung an Gelenkrändern wurde bevorzugt am dorsalen Gelenkrand beobachtet, und in diesen Fällen wies knapp die Hälfte der Gelenkflächen Kp schwerwiegende makroskopische Veränderungen auf, während etwa ein Drittel geringgradige Knorpelalterationen zeigte und etwa ein Sechstel dieser Gelenkflächen keine makroskopischen Veränderungen hatte.

Hakenbildungen wurden auf Röntgenaufnahmen auch an seitlichen Gelenkrändern des proximalen Kronbeins festgestellt; von diesen Gelenkflächen hatte über die Hälfte schwerwiegende makroskopische Veränderungen und jeweils knapp ein Viertel geringgradige bzw. keine makroskopischen Veränderungen.

Umschriebene Porosierungen der Knochenstruktur wurden am dorsalen Gelenkrand, an aufgetriebenen Bandhöckern und am gesamten Gelenkrand beobachtet; mit diesen Röntgenbefunden korrelierten seltener schwerwiegende Gelenkknorpelveränderungen.

Gelenkflächen mit porosiertem dorsalen Gelenkrand zeigten zu knapp 3 Fünfteln geringgradige Veränderungen des Gelenkknorpels, während bei dem Röntgenbefund eines insgesamt porosierten Gelenkrandes die entsprechenden Gelenkflächen zu etwa 3 Fünfteln schwerwiegende und zu je einem Fünftel geringgradige bzw. keine makroskopischen Veränderungen aufwiesen.

Von 3 Gelenkflächen mit aufgetriebenen und porosierten proximalen Bandhöckern war eine Gelenkfläche schwerwiegend, eine geringgradig und eine makroskopisch nicht verändert.

Gelenkflächen, bei denen auf Röntgenaufnahmen eine Veränderung der subchondralen Spongiosa festgestellt worden

war, zeigten bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung zu etwa 3 Fünfteln Gelenkknorpeldefekte. Im einzelnen wurden bei einem Viertel dieser Fälle schwerwiegende, bei einem Achtel keine und bei der Hälfte der Fälle geringgradige makroskopische Veränderungen festgestellt.

Aufhellungen wurden auf den Röntgenaufnahmen in proximalen Kronbeinabschnitten nur selten beobachtet, wobei in zwei dieser drei Fälle lediglich ein Verdacht geäußert werden konnte. In diesen Verdachtsfällen wurden keine pathologisch-anatomischen Veränderungen auf der Gelenkfläche Kp festgestellt. Auf der Gelenkfläche mit einer deutlichen Aufhellung wurden bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung 2 tiefe Defekte beobachtet, die auf den Röntgenstrukturaufnahmen nicht als subchondrale Aufhellungen dargestellt wurden, aber eine Unterbrechung der Gelenklinie bewirkt hatten.

Eine auf Röntgenaufnahmen festgestellte Veränderung der Gelenklinie korrelierte nur zum Teil mit schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen. So zeigten Gelenkflächen mit einem gezackten Verlauf der Gelenklinie (2 Fälle) keine makroskopischen Gelenkknorpelalterationen, während in den 2 Fällen mit einer Unterbrechung der Gelenklinie einmal schwerwiegende und einmal geringgradige makroskopische Veränderungen beobachtet wurden. Eine Verstärkung der Gelenklinie wurde häufiger festgestellt, bei 5 Gelenkflächen, und jeweils zwei dieser Präparate hatten schwerwiegende bzw. geringgradige makroskopische Veränderungen und eine Gelenkfläche war makroskopisch nicht verändert.

In allen Fällen, bei denen Unsauberkeiten im Krongelenkspalt auf Röntgenaufnahmen befundet worden waren, fanden sich profunde Defekte im Gelenkknorpel der entsprechenden Gelenkflächen.

Gelenkflächen mit Auflagerungen auf den proximalen Kronbeinabschnitten waren zur Hälfte geringgradig makroskopisch verändert, zu einem Drittel schwerwiegend verändert und nur zu einem Sechstel ohne makroskopische Veränderungen.

Gelenkknorpeldefekte wurden insgesamt bei knapp der Hälfte der Gelenkflächen mit diesem Röntgenbefund beobachtet.

Die Relationen der Röntgenbefunde zu pathologisch-anatomischen Veränderungen sind in Abb. 19 dargestellt.

Auf manchen Röntgenaufnahmen wurden an den proximalen Kronbeinabschnitten verschiedene Befunde gleichzeitig erhoben; es zeigte sich, daß von den Gelenkflächen Kp, deren Röntgenbild neben Hakenbildung an den seitlichen Gelenkrändern gleichzeitig Auflagerungen dorsal aufwies, die Hälfte schwerwiegende und die Hälfte geringgradige pathologisch-anatomische Untersuchungsbefunde ergeben hatte.

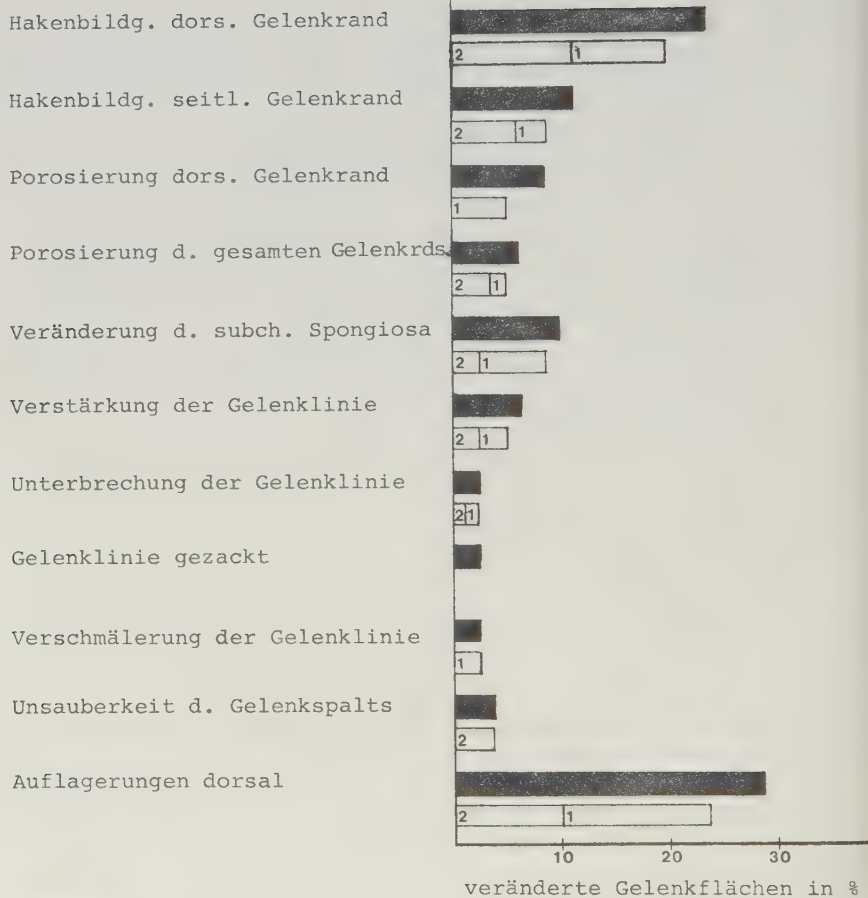
Wenn auf Grund der Röntgenaufnahmen die Befunde "Hakenbildung am dorsalen Gelenkrand" und "knöcherne Auflagerungen dorsal" erhoben wurden, zeigten die entsprechenden Gelenkflächen zu 2 Dritteln schwerwiegende makroskopische Veränderungen. Wurden alle 3 Befunde gleichzeitig erhoben (Hakenbildung an seitlichen und dorsalen Gelenkrändern und Auflagerungen dorsal) hatte allerdings lediglich die Hälfte dieser Gelenkflächen schwerwiegende makroskopische Veränderungen.

Selten wurde außerdem noch eine Veränderung der subchondralen Spongiosa festgestellt, sodaß 4 Röntgenbefunde gleichzeitig an einem Kronbein (proximal) auftraten; dies war nur bei zwei Gelenkflächen Kp der Fall. Es wurden in beiden Fällen bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung tiefe Knorpeldefekte festgestellt.

Kombinationen anderer Röntgenbefunde kamen nur selten vor und ließen keinen Zusammenhang zu bestimmten pathologisch-anatomischen Veränderungen erkennen.

Erwähnenswert ist jedoch, daß von den Gelenkflächen mit halbmondförmigen, oberflächlichen oder mittelgradigen Knorpeldefekten am dorsalen Gelenkrand beiderseits des Sagittalkamms knapp zwei Drittel auf den Röntgenaufnahmen Haken am dorsalen Gelenkrand aufwiesen.

Nur wenige der Präparate Kp wurden histologisch untersucht. Es waren Fälle von stecknadelkopfgroßen oder auch tiefen Knorpeldefekten, die in der Mitte der Gelenkfläche lokalisiert waren. Bei einem Fall, der makroskopisch nur einen kleinen, stecknadelkopfgroßen Defekt erkennen ließ, wurde histologisch im subchondralen Knochengewebe eine etwa 4 mm lange Knorpelzunge gefunden, die in sklerosiertes Knochengewebe eingeschlossen war (vgl. dazu Röntgenstrukturaufnahme, Abb. 18) und an den Rändern zum Knochengewebe zum Teil nekrotisches Material aufwies; der Gelenkknorpel zeigte im histologischen Schnitt eine deutliche Zusammenhangstrennung.



- : röntgenologisch verändert
 □ : pathologisch-anatomisch verändert
 1 : geringgradig
 2 : schwerwiegend

Abb. 19: Korrelationen zwischen pathologisch-anatomischen Veränderungen und röntgenologischen Befunden der Gelenkfläche Kp

5. Kronbein, distale Gelenkfläche

a. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung

Die an distalen Kronbeinabschnitten (Kd) erhobenen Röntgenbefunde werden im folgenden aufgeführt.

Veränderungen der Gelenkrandkonturen fanden sich hier bei etwa einem Achtel des Materials ausschließlich am dorsalen Gelenkrand der distalen Kronbeingelenkfläche, wobei 10 der Gelenkflächen durch Hakenbildung am dorsalen Gelenkrand und 2 Gelenkflächen durch Porosierungen dieses Abschnitts gekennzeichnet waren.

Dichteunterschiede und Zeichnung der subchondralen Spongiosa konnten für die distalen Kronbeinabschnitte nicht auf den Röntgenaufnahmen beurteilt werden, da das Kronbein auf Grund der Überlagerung von Weichteilgewebe und zum Teil auch von Hufhorn bei der gewählten Belichtung in seiner Knochenstruktur nicht deutlich gezeichnet ist, sondern eher homogen weiß erscheint (vgl. Abb. 15).

Umschriebene Aufhellungen innerhalb der subchondralen Spongiosa wurden recht häufig, etwa bei einem Zehntel des Materials festgestellt. Diese Befunde wurden überwiegend an a.-p. Aufnahmen erhoben und nur in einem Fall an einer lateromedialen Aufnahme. Bei 6 Fällen waren die Aufhellungen deutlich zu erkennen, während bei 2 Gelenkflächen lediglich der Verdacht auf eine Aufhellung formuliert wurde.

Vier der deutlichen Aufhellungszonen waren in den Kondylen, im Bereich der stärksten Vorwölbung lokalisiert und etwa senfkorngroß und oval geformt. In der Mitte der distalen Kronbeingelenkfläche wurde bei einem Präparat eine etwa linsengroße Aufhellung beobachtet, und eine weitere Gelenkfläche zeigte auf der seitlichen Aufnahme eine etwa senfkorngroße Aufhellung auf dem palmaren Teil der Gelenkfläche.

Bei einem Sechstel des Materials wurden Konturveränderungen der distalen Kronbeingelenkfläche festgestellt, obwohl die a.p.-Aufnahmen der einzelnen Extremitäten sich in ihren Pro-

jektionen kaum unterschieden. Etwa die Hälfte dieser Fälle hatte keine gleichmäßig konvexen Kondylenkonturen mehr, sondern wies eine mehr abgeplattete und dadurch eckige Kontur der Gelenkfläche auf (Abb. 20).

In den anderen Fällen stellte sich die distale Kronbeinkontur auf den a.-p. Aufnahmen leicht gewellt, mit kleinen Zacken oder unterbrochen dar. Alle diese Veränderungen waren im Bereich der stärksten Vorwölbung der Kondylen zu erkennen.

Normabweichungen im Bereich der Gelenklinie wurden hier nur in zwei Fällen in Form einer Verstärkung beobachtet.

Der Hufgelenkspalt war nur bei einer Extremität durch Unsauberkeiten gekennzeichnet.

Als schattengebende Veränderungen wurden zum einen Auflagerungen auf der distalen Dorsalfläche des Kronbeins beobachtet, etwa bei einem Drittel des Materials, und zum anderen gering wolkig erscheinende Verschattungen in unmittelbar palmar des palmaren Gelenkrand gelegenen Weichteilgewebe, proximal des Strahlbeins, die bei etwa einem Zehntel der Präparate festgestellt wurden.

Wie schon erwähnt, wies etwa ein Zehntel der untersuchten Extremitäten generalisierte Porosierungen der Knochenstruktur auf, die hier weniger klar als bei anderen Knochenanteilen zu erkennen waren. Über einen Vergleich der Knochendichte verschiedener Extremitäten konnte man hier zu einem Resultat kommen.

b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung

b.1. Art der makroskopischen Veränderungen

Die distale Gelenkfläche des Kronbeins wies bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung folgende Veränderungen auf:

- Abweichungen in Farbe, Glanz und Glätte
- punktförmige oder flächige Zubildungen von Gelenkknorpel
- flächige Ausdünnungen von Gelenkknorpel
- Gelenkknorpeldefekte



Abb. 20 : Abgeplattete, eckige Form der Kondylen
des distalen Kronbeins (a.-p. Aufnahme)

Von der Gesamtheit der untersuchten Gelenkflächen Kd zeigten 27% keine makroskopischen Veränderungen, 35% geringgradige makroskopische Veränderungen und 38% schwerwiegende makroskopische Veränderungen.

Abweichungen in Farbe, Glanz und Glätte des Gelenkknorpels in Form rauher Bezirke, die in fast allen Fällen gleichzeitig eine Rötung aufwiesen, wurden bei etwa einem Viertel der Gelenkflächen Kd beobachtet. In einem Teil der Fälle waren größere Teile der Gelenkfläche betroffen, z.B. die Mitte der Gelenkfläche, zum Teil waren es jedoch nur etwa pfenniggroße Bezirke, die in der Regel auf den Kondylen lokalisiert waren.

Zubildungen von Gelenkknorpel wurden bei einem Drittel der Gelenkflächen Kd festgestellt. In fast der Hälfte dieser Fälle handelte es sich dabei um plattenförmige Zubildungen auf einem etwa 2,5 x 1,5 cm großen Bezirk in der Mitte der Gelenkfläche oder um etwa pfenniggroße Bezirke auf den Kondylen. Randwulstbildungen am dorsalen oder palmaren Gelenkrand stellten etwa ein Fünftel der Zubildungen von Gelenkknorpel dar, während unregelmäßige Zubildungen von Knorpel, die der Gelenkfläche ein höckriges Aussehen verliehen, sowie punktförmige, senfkorn-bis linsengroße Zubildungen, die in festem Verbund mit dem Gelenkknorpel standen, jeweils etwa ein Sechstel ausmachten.

Eine Abnahme der Knorpelschicht auf nahezu der gesamten Gelenkfläche wurde nur bei einem Präparat festgestellt.

Gelenkknorpeldefekte bildeten etwa die Hälfte aller Veränderungen der Gelenkfläche Kd und wurden insgesamt bei über 2 Fünfteln der Präparate beobachtet.

In den Gruppen "oberflächliche, mittelgradige bzw. tiefe Defekte" war etwa je ein Drittel der Defekte vertreten.

Darüberhinaus wurden unterschiedliche Formen von Defekten beobachtet. Den größten Teil aller Defekte mit etwa 3 Fünfteln bildeten die rund-ovalen Defekte, während die schlitzförmigen Defekte einen Anteil von etwa einem Viertel und die umschrie-

benen Bezirke von m.o.w. starkem Knorpelverlust etwa ein Sechstel aller Defekte der Gelenkfläche Kd darstellten.

Diese unterschiedlichen Formen von Defekten wurden zu verschiedenen Anteilen als oberflächlich, mittelgradig und tief klassifiziert. Rund-ovale Defekte wurden jeweils zu mehr als einem Drittel in die Gruppe oberflächliche, bzw. mittelgradige Defekte eingeordnet und zu etwa einem Viertel als tiefe Defekte bezeichnet. Schlitzförmige Defekte wurden zu je einem Viertel als oberflächlich, mittelgradig und zur Hälfte als tief klassifiziert. Bezirke von unterschiedlich starkem Knorpelverlust waren etwa je zur Hälfte tiefe bzw. mittelgradige Defekte.

b.2. Lokalisation der unterschiedlichen makroskopischen Veränderungen auf der Gelenkfläche Kd

Die auf der Gelenkfläche Kd beobachteten Veränderungen ließen sich fast alle den im folgenden aufgeführten Lokalisationen zuordnen:

Lokalisation a: eine etwa 5 mm breite Zone des dorsalen Gelenk-
randes.

Lokalisation b: die Mitte der Gelenkfläche.

Lokalisation c: Bereich der stärksten Vorwölbung der Kondylen

Lokalisation d: eine etwa 5 mm breite Zone des palmaren Gelenk-
randes.

Die Regionen sind in Abbildung 21 gekennzeichnet.

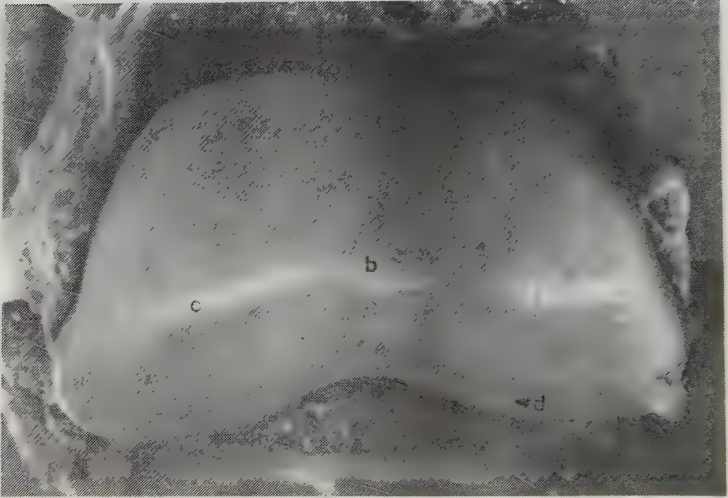


Abb. 21 : Aufsicht auf distale Kronbeingelenkfläche

- a : Zone des dorsalen Gelenkrandes
- b : Mitte der Gelenkfläche
- c : Bereich der stärksten Vorwölbung
der Kondylen
- d : Zone des palmaren Gelenkrandes

In Lokalisation a, der dorsalen Gelenkrandzone, wurden bei etwa einem Fünftel der Gelenkflächen Kd Veränderungen festgestellt. Hier wurden Knorpeldefekte, Knorpelzubildungen und gerötete, rauhe Knorpelbezirke beobachtet. Letztere fanden sich in einigen Gelenkflächen als etwa linsengroße Bezirke beiderseits der sattelförmigen Einziehung der Trochlea.

Die Mitte der Gelenkfläche, Lokalisation b, wies bei knapp einem Drittel der Gelenkflächen Kd Veränderungen auf. Die Hälfte dieser Veränderungen wurde von rund-ovalen und schlitzförmigen Defekten dargestellt, die genau im Zentrum der Gelenkfläche lokalisiert waren. Die andere Hälfte der Veränderungen in Lokalisation b wurde von plattenförmigen Zubildungen von Gelenkknorpel, die auch hier bis zu 2,5 x 1,5 cm Größe erreichen konnten, sowie geröteten, rauhen Bezirken der gleichen Größenausdehnung gebildet.

In Lokalisation c, dem Bereich der stärksten Vorwölbung der Kondylen, wurden bei fast 2 Fünfteln der Gelenkflächen Veränderungen festgestellt. Im einzelnen wurden hier folgende Gelenkknorpelalterationen, mit unterschiedlichen Anteilen von der Gesamtheit der in Lokalisation c vorgefundenen Veränderungen, beobachtet: etwa die Hälfte dieser Fälle waren Defekte, ein Viertel etwa pfenniggroße, gerötete, rauhe Knorpelbezirke und ein weiteres Viertel waren etwa pfenniggroße, plattenförmige Knorpelzubildungen. Sowohl die rauhe, geröteten Bezirke als auch die Knorpelzubildungen waren in einem Drittel der Fälle auf beiden Kondylen einer Gelenkfläche gleichzeitig vertreten.

Etwa ein Zehntel der Gelenkflächen Kd wies Veränderungen in Lokalisation d, der palmaren Gelenkrandzone auf. Es handelte sich in fast allen Fällen um Defekte, rund-ovale Defekte und Bezirke von meist vollständigem Knorpelverlust, die in der Regel auf seitlichen Regionen der dorsalen Gelenkrandzone lokalisiert waren.

b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer Veränderungen der distalen Kronbeingelenkfläche

Verschiedene makroskopische Veränderungen wurden auf dieser Gelenkfläche selten nebeneinander beobachtet.

Gelenkflächen mit einem knorpeligen Randwulst wiesen zu etwa der Hälfte darüberhinaus Knorpeldefekte und zur Hälfte keine weiteren Knorpelveränderungen auf.

Dagegen wies mehr als ein Viertel der Gelenkflächen mit plattenförmigen Zubildungen in der Mitte der Gelenkfläche oder auf den Kondylen gleichzeitig mittelgradige oder tiefe Knorpeldefekte auf.

Ein Viertel der Gelenkflächen Kd zeigte bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung umschriebene raue und gerötete Bezirke; diese Gelenkflächen wiesen zur Hälfte außerdem Defekte im Gelenkknorpel auf.

Auf Gelenkflächen Kd mit Defekten fielen im Durchschnitt 1.5 Gelenkknorpeldefekte.

c. Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse in Beziehung zu röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Befunden

Die Röntgenstrukturaufnahmen der distalen Kronbeingelenkfläche wiesen im allgemeinen keine deutlich ausgebildete Spongiosaverdichtungszone auf. Statt dessen schloß sich bei fast allen Präparaten über der Gelenklinie eine etwa 1.5 mm breite "Linie" von sehr dichtem Knochengewebe an, das vom röntgenologischen Bild her sehr an Kortikalischgewebe erinnerte (vgl. Abb. 17). Diese Verdichtung soll im folgenden als "Verdichtungsline" bezeichnet werden.

Ein Vergleich der Röntgenbefunde mit den Befunden der Röntgenstrukturanalyse ergab die im folgenden aufgeführten Ergebnisse.

Sehr deutliche röntgenologische Veränderungen wie Hakenbildung am dorsalen Gelenkrand und knöcherne Auflagerungen auf dem dorsalen, distalen Kronbeinabschnitt konnten in fast

allen Fällen auf den Röntgenstrukturaufnahmen ebenfalls identifiziert werden.

Für die verschiedenen, auf Röntgenaufnahmen festgestellten Aufhellungszonen wurden je nach ihrer Art andere Entsprechungen auf den Röntgenstrukturaufnahmen beobachtet. In allen Fällen, bei denen auf a.-p. Aufnahmen deutliche, eher ovale Aufhellungen in den Kondylen des Kronbeins zu erkennen waren, wurden auf den Röntgenstrukturaufnahmen deutliche Aufhellungen festgestellt und in drei Viertel dieser Fälle außerdem eine Unterbrechung der Gelenklinie. Auf der Strukturaufnahme der Gelenkfläche, deren Röntgenbild eine größere Aufhellungszone in der Mitte gezeigt hatte, wurden keine Veränderungen festgestellt. Bei einem Präparat wurde eine kleine Aufhellungszone am palmaren Ende der Gelenkfläche auf einer lateralen Röntgenaufnahme beobachtet. Hier zeigte die Röntgenstrukturaufnahme lediglich eine Verbreiterung der Verdichtungslineie.

In den Fällen, bei denen auf Grund der Röntgenaufnahmen lediglich der Verdacht auf Aufhellungen geäußert wurde, konnte auf Strukturaufnahmen einerseits mehrere, sehr kleine punktförmige, unmittelbar an die Gelenklinie anschließende Aufhellungen, wahrscheinlich Gefäßblöcher, andererseits eine deutliche, linsengroße Aufhellung festgestellt werden.

Die auf den a.-p. Aufnahmen beobachteten Konturveränderungen des distalen Kronbeins wiesen unterschiedliche Korrelationen zu Veränderungen auf Röntgenstrukturaufnahmen auf. Ein Großteil dieser Gelenkflächen (etwa 3 Viertel) zeigte auf Strukturaufnahmen Dichteveränderungen im Bereich der subchondralen Spongiosa, wie z.B. eine angedeutete Verdichtungszone oder auch nur herdförmige Aufhellungen umschließende Verdichtungen von Spongiosa. Veränderungen der Gelenklinie entsprechender Gelenkflächen wurden seltener beobachtet und kamen bei der Hälfte derjenigen Gelenkflächen vor, deren Kontur auf a.-p. Aufnahmen eckig und abgeplattet erschien.

Nur auf wenigen Röntgenaufnahmen war eine Verstärkung der Gelenklinie zu erkennen. In diesen Fällen konnte auch

auf den Röntgenstrukturaufnahmen eine Verstärkung der Gelenklinie und außerdem das Fehlen der Verdichtungsline festgestellt werden. Die bei einer Extremität auf den Röntgenaufnahmen beobachtete Unsauberkeit des Hufgelenkspalts korrelierte mit einer Unterbrechung der Gelenklinie und 2 Aufhellungszonen in der subchondralen Spongiosa auf den entsprechenden Röntgenstrukturaufnahmen.

Deutliche Porosierungen der gesamten Knochenstruktur konnten auf Röntgenstrukturaufnahmen deutlich nachvollzogen werden. Porosierte Extremitäten wiesen auf den Strukturaufnahmen in allen Fällen eine Verstärkung der Gelenklinie auf und zeigten in 3 Viertel der Fälle über der Verdichtungsline außerdem eine Verdichtung von Spongiosagewebe, im Sinne einer angedeuteten Verdichtungszone.

Bei einem Vergleich der Ergebnisse der Röntgenstrukturanalyse mit den pathologisch-anatomischen Befunden ergaben sich die im folgenden aufgeführten Korrelationen.

Bei etwa einem Zehntel der Gelenkfläche Kd war die "Verdichtungsline" auf den Röntgenstrukturaufnahmen deutlich als verstärkt, d.h. verbreitert, zu erkennen. Diese Gelenkflächen wiesen im Vergleich zu makroskopischen Untersuchungsergebnissen zu einem großen Teil, etwa zu 4 Fünfteln, mittelgradige oder tiefe Defekte auf; in den anderen Fällen (ein Fünftel) wurden Bezirke von Knorpelrauhigkeiten oder -zubildungen beobachtet.

Ebenfalls bei einem Zehntel der distalen Gelenkflächen des Kronbeins war diese "Verdichtungsline" auf den Röntgenstrukturaufnahmen gar nicht festzustellen; pathologisch-anatomisch zeigten die entsprechenden Gelenkflächen größtenteils geringgradige Veränderungen des Gelenkknorpels wie Rauigkeiten, Rötungen oder Knorpelzubildungen und nur zu etwa einem Fünftel Defekte.

Proximal der Verdichtungsline schloß sich auf den Strukturaufnahmen eine mehr oder weniger dicht gepackte

und mehr oder weniger breite Zone von quergetroffenen Spongiosabälkchen an (Abb. 17 u. 18). Bei etwa einem Achtel des Materials waren diese Spongiosabälkchen sehr dicht gepackt, aber durchaus noch als einzelne Trabekel zu erkennen; sie deuteten eine Spongiosaverdichtungszone an. Diese Spongiosastruktur konnte besonders dann beobachtet werden, wenn die normalerweise zu beobachtende Verdichtungsline in Einzelfällen fehlte oder nur sehr gering ausgebildet war. Makroskopisch wurden auf den Gelenkflächen mit angedeuteter Spongiosaverdichtungszone alle Arten von Veränderungen, ohne besondere Häufung bestimmter Läsionen, festgestellt.

Die quergetroffenen Spongiosabälkchen konnten sich auch, wie bei etwa einem Zehntel der Fälle auf Strukturaufnahmen zu sehen war, zu einer Art "Verdichtungsherd" anordnen, ohne daß immer eine Aufhellung zu erkennen war. Diese Veränderung korrelierte recht häufig, zu etwa zwei Dritteln mit mittelgradigen oder tiefen Defekten auf der Gelenkfläche.

Umschriebene Aufhellungen innerhalb der subchondralen Spongiosa wurden bei etwa 15% der Gelenkflächen Kd auf Röntgenstrukturaufnahmen beobachtet. Die Form dieser Aufhellungen variierte; so wurden in einem Fall sehr kleine punktförmige Aufhellungen direkt über der Gelenklinie beobachtet (Gefäßlöcher). Größtenteils handelte es sich aber um runde, bis zu linsengroße Zonen verminderter Strahlendichte; daneben wurden auch längliche, schmale Aufhellungszonen beobachtet, die parallel zur Gelenklinie angeordnet waren. Fast alle Gelenkflächen, die Aufhellungszonen auf den Strukturaufnahmen zeigten, wiesen bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung mittelgradige oder tiefe Defekte auf (etwa 4 Fünftel).

Ein Fünftel der auf den Röntgenstrukturaufnahmen identifizierten Aufhellungen korrelierte nicht mit schwerwiegenden pathologisch-anatomischen Veränderungen; diese Aufhellungen waren entweder Gefäßlöcher oder Aufhellungen in einem insgesamt porosierten Knochen.

Gelenkflächen, deren Gelenklinie sich auf den Röntgenstrukturaufnahmen in Form einer Verstärkung, Unterbrechung oder Zackenbildung als verändert darstellte, zeigten bei der makroskopischen Untersuchung zu hohen Prozentsätzen Gelenkknorpeldefekte. So korrelierte die Verstärkung der Gelenklinie (etwa ein Sechstel der Gelenkflächen Kd) zu etwa 3 Vierteln mit mittelgradigen oder tiefen Defekten, während eine auf den Strukturaufnahmen festgestellte Unterbrechung der Gelenklinie (ein Sechstel der Gelenkflächen Kd) zu über 4 Fünfteln mit Defekten auf der Gelenkfläche verknüpft war. Eine gezackte Gelenklinie war in allen Fällen mit Defekten verknüpft, die bei 3 Gelenkflächen mittelgradig oder tief waren.

d. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit
Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung

Gelenkflächen mit Hakenbildung am dorsalen Gelenkrand als Röntgenbefund ergaben bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung zur Hälfte geringgradige und je zu einem Viertel schwerwiegende bzw. keine Veränderungen des Gelenkknorpels.

Auf Röntgenaufnahmen festgestellte Aufhellungen wiesen unterschiedliche Korrelationen zu pathologisch-anatomischen Untersuchungsergebnissen der entsprechenden Gelenkfläche auf. In den Fällen der auf a.-p. Aufnahmen im Bereich der Kondylen beobachteten ovalen Aufhellungen wurden makroskopisch in 3 Viertel der Fälle schwerwiegende und zu einem Viertel geringgradige Veränderungen festgestellt. Letztgenannte Extremitäten wiesen gleichzeitig starke Auflagerungen auf der dorsalen Kronbeinfläche auf, die durch ihre wolkige Struktur und die partielle Projektion über den Gelenkspalt den Eindruck von Aufhellungen erweckt haben könnten.

In den Verdachtsfällen wurden makroskopisch je zur Hälfte keine bzw. mittelgradige Knorpeldefekte festgestellt.

Die Gelenkfläche, die auf der anterior-posterior Röntgenaufnahme eine größere Aufhellung aufwies, war pathologisch-

anatomisch nicht verändert. Es wurde jedoch eine anatomische Besonderheit beobachtet; vom palmaren Gelenkrand her ragte eine etwa 5 mm lange dreieckige Grube mit der Spitze recht weit in die Trochlea hinein. Sie war in der sattelförmigen Einziehung zwischen den Kondylen lokalisiert. Ebenfalls nur bei einer Extremität wurde eine Aufhellung im palmaren Abschnitt der Gelenkfläche auf einer lateralen Röntgenaufnahme beobachtet; bei der makroskopischen Untersuchung zeigten sich zwar mehrere mittelgradige und tiefe Defekte, die jedoch auf Grund ihrer Lokalisation am dorsalen Gelenkrand nicht die Ursache der kleinen Aufhellung sein konnten. Die Röntgenstrukturaufnahme dieser Gelenkfläche ließ im palmaren Bereich ebenfalls keine Aufhellung erkennen. Es ist vorstellbar, daß Luft, die sich unter losen Hornteilen angesammelt hatte, die Aufhellung vortäuschte.

Verschiedene Formen von Konturabweichungen der distalen Kronbeingelenkfläche wie eine gezackte oder gewellte Form korrelierten etwa zur Hälfte mit schwerwiegenden pathologisch-anatomischen Veränderungen, zu einem Drittel mit geringgradigen Veränderungen und wurden zu einem Sechstel bei makroskopisch unveränderten Gelenkflächen beobachtet. Im Gegensatz dazu wiesen die Gelenkflächen mit einer auf a.-p. Aufnahmen eckig-abgeplattet dargestellten Kontur zu mehr als der Hälfte schwerwiegende und knapp der Hälfte geringgradige makroskopische Veränderungen auf.

Die wenigen Gelenkflächen, bei denen der röntgenologische Befund "Verstärkung der Gelenklinie" lautete, wiesen keine makroskopischen Veränderungen auf.

Einmal nur wurden Unsauberkeiten im Hufgelenkspalt entdeckt, wobei die makroskopische Untersuchung der entsprechenden Gelenkfläche zwei tiefe Knorpeldefekte ergeben hatte und auf den Röntgenstrukturaufnahmen zwei subchondrale Aufhellungen sowie eine Unterbrechung der Gelenklinie beobachtet wurden.

"Auflagerungen auf den dorsalen Kronbeinabschnitten" lautete der häufigste Röntgenbefund des distalen Kronbeins. Bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung wiesen jeweils 2 Fünftel dieser Gelenkflächen geringgradige bzw. schwerwiegende Gelenkknorpelveränderungen auf, die nicht abhängig vom Ausmaß der Auflagerungen waren, und zu einem Fünftel keine makroskopischen Veränderungen zeigten.

Etwa ein Drittel aller Gelenkflächen des distalen Kronbeins mit schwerwiegenden Gelenkknorpelalterationen war auf dem Röntgenbild von Auflagerungen auf der Dorsalfläche gekennzeichnet.

Von den Gelenkflächen, die Verschattungen auf der Palmarseite des Kronbeins, proximal des Strahlbeins aufwiesen, hatte etwa ein Drittel schwerwiegende und etwa zwei Drittel geringgradige makroskopische Veränderungen.

Diese Ergebnisse sind im einzelnen in Abb. 22 dargestellt.

Nur selten wurden gleichzeitig verschiedene Röntgenbefunde an einer Extremität im Bereich des distalen Kronbeins festgestellt. So kamen "Hakenbildung" und "Auflagerungen" an den dorsalen Kronbeinabschnitten nur bei 5% des Materials gleichzeitig vor, und bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung dieser Gelenkflächen wurden lediglich geringgradige oder keine Veränderungen festgestellt.

Ebenfalls nur bei sehr wenigen Fällen fanden sich gleichzeitig "Hakenbildung" und "Konturveränderung", bzw. "Auflagerung" und "Konturveränderung", die nicht mit bestimmten pathologisch-anatomischen Veränderungen korrelierten.

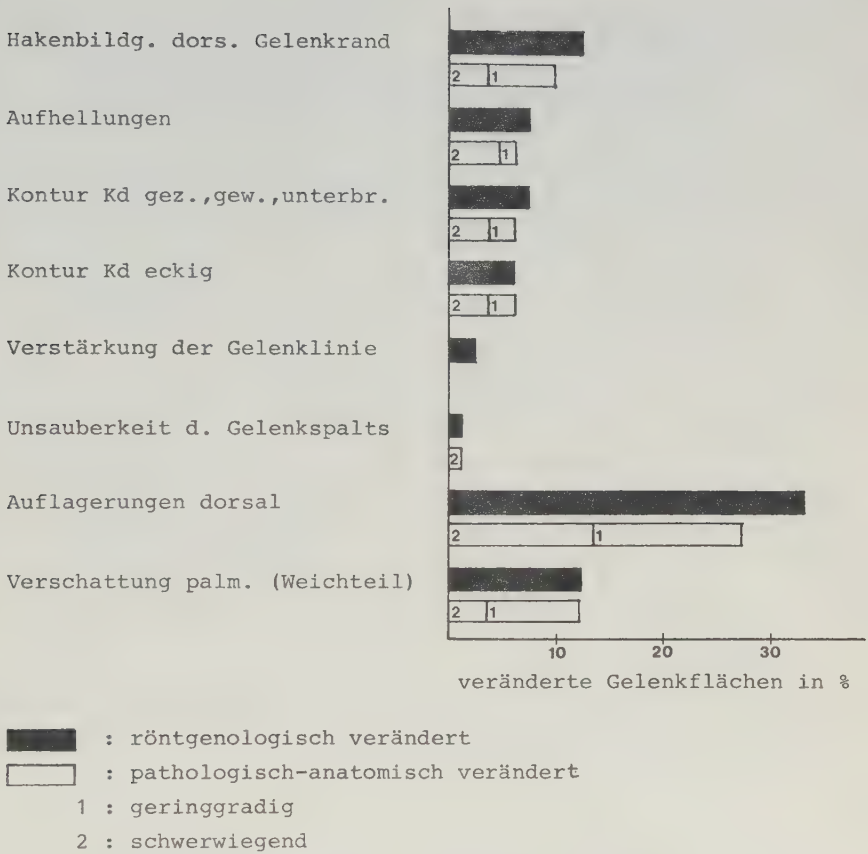


Abb. 22: Korrelationen zwischen pathologisch-anatomischen Veränderungen und röntgenologischen Befunden der Gelenkfläche Kd

6. Hufbeingelenkfläche

a. Ergebnisse der röntgenologischen Untersuchung

Die Hufbeinstrukturen wurden auf Grund der latero-medialen Röntgenaufnahmen beurteilt, da eine Befundung an Hand der a.-p. Aufnahmen wegen der Überlagerung von Wand- und Sohlenfläche des Hufbeins mit ihren sehr lockeren, fast löchrigen Strukturen nur bedingt möglich ist. Darüberhinaus projizierten sich Kronbein- und Strahlbeinabschnitte auf den anterior-posterior Röntgenaufnahmen über das Hufbein.

Der Processus extensorius (Proc. ex.) stellte sich bei einem Drittel der Hufbeingelenkflächen (H) sehr spitz und deutlich ausgezogen dar. Bei einigen Hufbeinen kam es dabei zur Ausbildung eines kleinen Einschnitts zwischen dem proximalen Ende des Streckfortsatzes und seinem Wulst.

Ein sehr stark ausgeprägter Wulst dorsal auf dem Processus extensorius wurde bei etwa einem Viertel der Extremitäten beobachtet.

Der Grad der Porosierung des Hufbeins war nicht immer leicht zu beurteilen. Im Bereich des Processus extensorius konnten dennoch bei einem Fünftel der Präparate deutliche Porosierungen festgestellt werden.

Die freien Körper des Hufgelenks wurden dorsal, am proximalen Ende des Processus extensorius bei 2 Extremitäten beobachtet. In einem Fall handelte es sich um eine linsengroße und in einem Fall um eine etwa hirsekorngroße, knochen-dichte Verschattung (Abb. 24).

Auf der Dorsalfläche der Hufbeinkappe zeigte sich bei drei Hufbeinen eine kleine, etwa senfkorngroße knöcherne Vorwölbung auf den latero-medialen Röntgenaufnahmen.

Röntgenbefunde der Gelenklinie konnten nur im Falle ausgeprägter Veränderungen erhoben werden. Bei einem Hufgelenk stellte sich auf der seitlichen Röntgenaufnahme eine Kerbe in der Gelenkfläche des Hufbeins dar, die etwa 2 mm tief

war (vgl. Abb. 27, S.184).

Ein Viertel der Hufbeingelenkflächen fiel röntgenologisch durch knöcherne, teils wolkige Auflagerungen auf der Dorsalfläche des Processus extensorius auf.

Hufknorpelverknöcherungen wurden in unserem Material nur einseitig bei einer Extremität beobachtet.

b. Ergebnisse der pathologisch-anatomischen Untersuchung

b.1. Art der makroskopischen Veränderungen

Die pathologisch-anatomische Untersuchung der Hufbeingelenkfläche ergab folgende Befunde:

- Abweichungen in Farbe, Glanz und Glätte
- Knorpelzubildungen
- flächige Abnahme der Knorpelschichtdicke
- Gelenkknorpeldefekte
- unvollständige Schliiffspuren

Unter Anwendung der beschriebenen Kriterien ließen sich die Gelenkflächen des Hufbeins zu 40% als makroskopisch nicht verändert, zu 50% als makroskopisch geringgradig verändert und zu 10% als makroskopisch schwerwiegend verändert einteilen.

Farbabweichungen wurden fast bei 3 Zehnteln der Gelenkflächen in Form einer Rötung beobachtet. Diese meist größere Teile der Gelenkfläche betreffende Veränderung war in der Regel mit Rauhigkeiten von etwa der gleichen Ausdehnung kombiniert. Bei jeweils einem Drittel der Fälle waren diese Bezirke in der Mitte der Gelenkfläche lokalisiert, bzw. erstreckten sich über die gesamte Gelenkfläche. In dem anderen Teil der Fälle stellte sich eine, sehr selten auch beide Gelenkgrube(n) beiderseits des schwach ausgebildeten Sagittalkamms als rauh und gerötet dar. Eine weitere Gelenkfläche wies an ihrem palmaren Rand zum Strahlbein hin einen schmalen Saum stark dunkelrot-bräunlich und aufgefaserten, zottig erscheinenden Gelenkknorpels auf.

Verschiedene Formen von Knorpelzubildungen wurden bei insgesamt einem Drittel der untersuchten Gelenkflächen H festgestellt. In einem Viertel dieser Fälle handelte es sich um Zubildungen im Bereich des dorsalen Gelenkrandes (senfkorngroße Zubildungen, Zottenbildung am dorsalen Gelenkrand, Stufenbildung im Gelenkknorpel auf dem Processus extensorius und bis zu erbsengroße, knochenharte, von Knorpel überzogene Zubildungen auf der Dorsalseite des Processus extensorius. Etwa ein Drittel der durch Knorpelzubildungen veränderten Gelenkflächen wies in der Mitte der Gelenkfläche eine bis zu 2,5 x 1,5 cm große plattenförmige Verdickung des Gelenkknorpels auf. Nahezu ein Viertel der Fälle mit Knorpelzubildungen zeigte plattenförmige Verdickungen des Gelenkknorpels auf den Gelenkgruben. Darüberhinaus erzeugten unregelmäßige Knorpelzubildungen in einem Sechstel der Fälle den Eindruck einer insgesamt höckrigen Gelenkfläche.

Eine Abnahme der Gelenkknorpelschichtdicke wurde nur bei 3 Gelenkflächen H beobachtet. In einem Fall war eine Gelenkflächenhälfte und in 2 Fällen der Bereich des Processus extensorius davon betroffen.

Gelenkknorpeldefekte wurden auf der Gelenkfläche H lediglich bei einem Zehntel des Materials festgestellt. Die meisten der hier festgestellten Defekte gehörten in die Gruppe der mittelgradigen Defekte, nämlich 3 Viertel, und ein Viertel der Defekte teilte sich auf in oberflächliche und tiefe Defekte.

Unterscheidet man diese Läsionen nach ihrer Form, so waren jeweils die Hälfte der Defekte rund-ovale bzw. schlitzförmige Läsionen.

Die rund-ovalen und auch die schlitzförmigen Defekte wurden etwa je zu einem Drittel als oberflächliche, mittelgradige bzw. tiefe Defekte klassifiziert.

In dem Fall einer tiefen Kerbe handelte es sich um zwei verheilte Frakturlinien, die, von palmar und vom seitlichen Gelenkrand kommend, die Form eines Y bildeten.

Parallel über den Gelenkknorpel ziehende Riefen wurden auf zwei Gelenkflächen beobachtet und sollen hier als oberflächliche, unvollständige Schliffspuren angesprochen werden, da sie nur dorsal im Bereich des Processus extensorius bzw. am seitlichen Gelenkrand lokalisiert waren.

Bei drei Gelenkflächen wurden anatomische Besonderheiten folgender Art beobachtet: auf einer Gelenkfläche verliefen knorpellose Linien auf beiden Gelenkflächenhälften parallel zum palmaren Gelenkrand, die sich etwa im Zentrum der Gelenkfläche trafen und dort endeten.

Auf zwei Gelenkflächen H zeigte sich im Gelenkknorpel auf dem Processus extensorius eine etwa senfkorngroße kleine Eindellung von Gelenkknorpel, deren Knorpelüberzug sich jedoch nicht vom übrigen Gelenkknorpel unterschied.

b.2 Lokalisation unterschiedlicher makroskopischer Veränderungen der Gelenkfläche H

Die Gelenkknorpelveränderungen auf dieser Gelenkfläche ließen sich folgenden Lokalisationen häufiger als anderen zuordnen:

Lokalisation a: die Mitte der Gelenkfläche.

Lokalisation b: Bereich des dorsalen Gelenkrandes.

Diese Regionen sind in Abb. 23 dargestellt.

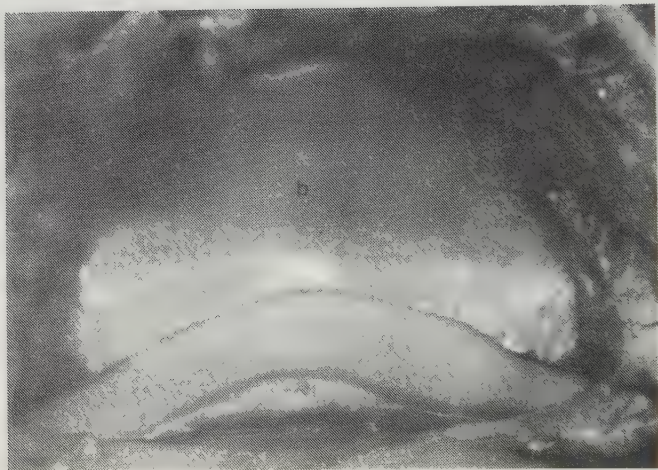


Abb. 23 : Aufsicht auf Hufbeingelenkfläche

a : Mitte der Gelenkfläche

b : dorsale Gelenkrandzone

In der Mitte des dorsalen Gelenkrandes ist der Processus extensorius zu erkennen und palmar das Strahlbein.

Auf der Mitte der Gelenkfläche, in Lokalisation a, wurden etwa ein Drittel aller auf dieser Gelenkfläche beobachteten Veränderungen festgestellt. In diesen Fällen handelte es sich in erster Linie um die zuvor beschriebenen Zubildungen von Gelenkknorpel und gerötete Rauigkeiten.

Im Bereich des dorsalen Gelenkrandes, Lokalisation b, wurden etwa ein Viertel der Gelenkknorpelveränderungen beobachtet, von denen der größte Teil der Defekte im Gelenkknorpel des Processus extensorius lokalisiert war. Am dorsalen Gelenkrand wurden Zubildungen, Defekte und Verschmälnerung der Gelenkknorpelschicht und "Eindellungen von Gelenkknorpel" festgestellt.

b.3. Gleichzeitiges Auftreten verschiedener makroskopischer Veränderungen der Hufbeingelenkfläche

Auf dieser Gelenkfläche waren selten unterschiedliche Veränderungen gleichzeitig vertreten, wenn man von den Abweichungen in Farbe, Glanz und Glätte in Form geröteter, rauher Knorpelbezirke absieht. Rötungen verschiedener, durch Zubildung veränderter Abschnitte wurden darüberhinaus bei einigen höckrigen Gelenkflächen und Gelenkflächen mit plattenförmigen Knorpelzubildungen in der Mitte beobachtet.

Auch Defekte wurden, mit einer Ausnahme, nur einzeln auf den Gelenkflächen festgestellt; so betrug die Defektdichte auf dieser Gelenkfläche durchschnittlich 1.1.

c. Vergleich der Ergebnisse der Röntgenuntersuchung mit den Ergebnissen der pathologisch-anatomischen Untersuchung

Gelenkflächen, deren Röntgenbild einen deutlich ausgezogenen Processus extensorius erkennen ließ, wiesen zu einem Drittel keine pathologisch-anatomischen Veränderungen und zu 2 Dritteln geringgradige Knorpelveränderungen wie Zubildungen und Rauigkeiten auf, während Gelenkflächen mit einem ausgeprägt wulstigen Processus extensorius knapp zur Hälfte



Abb. 24 : "freier Körper" des Hufgelenks, der unmittelbar proximal und dorsal des porosierten Processus extensorius liegt (Pfeil)

nicht und zur Hälfte geringgradig pathologisch-anatomisch verändert waren; eine Gelenkfläche zeigte schwerwiegende makroskopische Veränderungen.

Porosierungen des Processus extensorius (Abb. 24) wurden bei 20% der Gelenkflächen beobachtet und korrelierten etwa jeweils zur Hälfte mit keinen bzw. geringgradigen Gelenkknorpelalterationen; in einem Fall wurden schwerwiegende Veränderungen festgestellt.

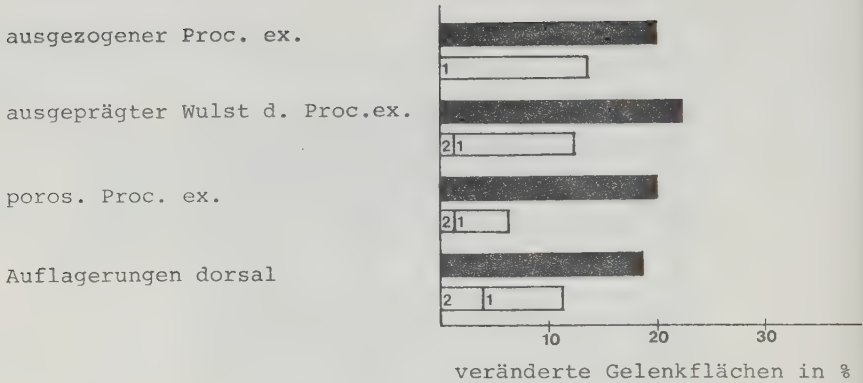
In den Fällen, bei denen röntgenologisch ein freier Körper befundet wurde (Abb. 24), handelte es sich makroskopisch um knochenharte, von Knorpel überzogene Zubildungen dorsal auf dem Processus extensorius. Bei einem dieser Fälle wurde außerdem auf der Gelenkfläche ein tiefer Defekt festgestellt.

Bei einer Extremität wurde röntgenologisch eine deutliche Kerbe in der Gelenkfläche entdeckt. Pathologisch-anatomisch wies dieses Hufbein zwei alte Frakturlinien auf, die als tiefe Kerben die Gelenkfläche überzogen.

Von den Gelenkflächen mit knöchernen Auflagerungen auf dem Processus extensorius zeigte ein Fünftel schwerwiegende pathologisch-anatomische Veränderungen (mittelgradige und tiefe Kerben) und je etwa ein Drittel keine bzw. geringgradige Gelenkknorpelveränderungen. Dabei waren Art und Grad der pathologisch-anatomischen Veränderungen unabhängig vom Ausmaß der Auflagerungen.

Diese Korrelationen sind in Abb. 25 dargestellt.

Nur selten, bei 7 Gelenkflächen, wurde mehr als ein Röntgenbefund an einem Hufbein erhoben; in diesen Fällen waren meist ganz unterschiedliche Befunde miteinander kombiniert, sodaß sich keine Aussagen über Korrelationen zu einer bestimmten Art pathologisch-anatomischer Veränderungen treffen lassen. Überwiegend handelte es sich bei diesen Gelenkflächen um solche ohne Veränderungen oder mit nur geringgradigen Gelenkknorpelalterationen.



- : röntgenologisch verändert
- : pathologisch-anatomisch verändert
- 1 : geringgradig
- 2 : schwerwiegend

Abb. 25: Korrelationen zwischen pathologisch-anatomischen Veränderungen und röntgenologischen Befunden der Gelenkfläche H

Tab. 1: Übersicht über Grad und Häufigkeit pathologisch-anatomischer Veränderungen der Gelenkflächen
Mc, Fp, Fd, Kp, Kd und H

GELENK	Gelenk- fläche	makroskopische Veränderungen		
		keine	geringgradig	schwerwiegend
FESSEL- GELENK	Mc	10%	30%	60%
	Fp	15%	30%	55%
KRON- GELENK	Fd	50%	30%	20%
	Kp	37%	39%	24%
HUF- GELENK	Kd	27%	35%	38%
	H	40%	50%	10%

C.2. Gruppe 2: Pferde mit bekanntem Vorbericht

I. Material und Methoden

1. Untersuchungsmaterial

Von 10 Pferden, die in der Klinik für Pferdekrankheiten wegen Zehengelenkslahmheiten vorgestellt und aus verschiedenen Gründen euthanasiert worden waren, konnten die Extremitäten pathologisch-anatomisch untersucht werden.

Ein Klinikpatient wird auf Grund des Röntgenbefundes ergänzend zu Fall 2 aufgeführt.

2. Untersuchungsmethoden

Die Untersuchung der Extremitäten erfolgte prinzipiell in der gleichen Weise wie die der Gruppe 1 (Schlachtpferdematerial). Vor der Sektion wurden von jeder Extremität hoch- und tiefangesetzte Röntgenaufnahmen der Zehengelenke in a.-p. und lat. Strahlengang angefertigt.

Anschließend wurden die Gelenke eröffnet und die Gelenkflächen makroskopisch beurteilt.

Die Knochen wurden anschließend in etwa 4 mm breite Scheiben zersägt und diese auf einem feinzeichnenden, folienlosen Film geröntgt.

Die Untersuchungsergebnisse dieser Extremitäten werden in Form von Fallbeschreibungen aufgeführt.

II. Untersuchungsergebnisse

Fall 1: 6jährige Warmblutstute

a. Vorbericht: seit Monaten hinten rechts lahm,
Spatprobe hi.re.+++ , hi.li.++ , Zehenbeugeprobe
vorne bds. pos.

b. Röntgenbefund: Tarsi: Veränderungen im Sinne von
Spat mit Bandverknöcherungen und re. am dist. Ende des
Talus medial ein freier knochendichter Körper. Zehe vorne:
re. und li. starke Randwulstbildung Fp, rauhe Kontur
des dorsalen Sagittalkamms, Insertionsstelle der Zehen-
strecker porosiert und rauh, in Fp li. eine Kerbe in
Gelenklinie (lat. Aufnahme) und Unsauberkeit in Gelenk-
spalt.

c. pathologisch-anatomischer Befund: Auf medialem Kondylus
der dorsalen Gelenkflächenhälfte des Metacarpus ein etwa
mandelkerngroßer Bezirk von völligem Knorpelverlust, der
zum dorsalen Gelenkrand hin von einem Knorpelwulst abge-
grenzt wird. Gelenkknorpel in Umgebung der Läsion rauh und
glasig. Gegenüberliegender Abschnitt des proximalen Fessel-
beins weist ebenfalls einen etwa erbsengroßen Bezirk völli-
gen Knorpelverlustes auf.
Randwulst dorsal ausgeprägt.

d. Röntgenstrukturanalyse: Fp li.: auf mehreren Scheiben
im Bereich der Kerbe, 2 mm tief, deutliche Aufhellungs-
zonen, die bis zu 8 mm tief und 6 mm breit in den sub-
chondralen Knochen reichen. In unmittelbarer Nachbar-
schaft dieser Defekte erweiterte Gefäßkanäle ohne Ord-
nung, darum schließt sich schalenförmig eine osteosklero-
tische Verdichtungszone an. Verdichtungszone insgesamt
breit ausgebildet. Mc: Aufhellung in etwas geringerer
Abmessung erkennbar (vgl. dazu Abb. 44, S. 238).

Fall 2: 7jährige Traberstute

a. Vorbericht: seit längerer Zeit vorne rechts lahm, MPA pos.

b. Röntgenbefund: Zehe vo.re.: knöcherne Auflagerungen mit unscharfer Begrenzung auf dors. dist. Kronbeinabschnitt, stark ausgezogener, rauh konturierter Proc. ex., auf einer von 2 latero-medialen Aufnahmen Kerbe in Hufbein.

c. pathologisch-anatomischer Befund: auf Hufbeingelenkfläche eine tiefe Kerbe, die auf alte Hufbeinfraktur hinweist, in deren Umgebung wallartige Knorpelzubildung.

d. Röntgenuntersuchung des Sektionspräparats: alte Hufbeinfraktur.

Fall 2a: 12jähriger Warmblutwallach

a. Vorbericht: vor 6 Jahren vorgestellt wegen Trablähmheit hi.li., Fesselbeingelenksbeugeprobe ++, MPA + mit geringer Restlähmheit. Jetzt wegen Lähmheit vo. bds. erneut eingewiesen.

b. Röntgenbefund: vor 6 Jahren lediglich Kerbe in Kronbein prox. hi.li. festgestellt, die noch unveränd. zu erkennen ist. Jetzt auch Strahlbeinveränderungen vo. bds. Von diesem Pferd liegt kein Sektionsbefund vor.

Fall 3: 16jähriger Warmblutwallach

a. Vorbericht: schrittlahm vorne li. +++, dors. Kronrand im Bereich des Proc. ex. und Hufknorpels stark druckempfindlich.

b. Röntgenbefund: Zehe li.: starke arthrotische Veränderung des Hufgelenks, Kerbe in Hufbein, Verdacht auf Kerbe in Kronbein distal, Hakenbildung am dorsalen Gelenkrand Kp. Fesselgelenk o.B.

c. pathologisch-anatomischer Befund: Hufgelenk li:

in Hufbein und Kronbein mehrere tiefe runde, rotverfärbte Defekte auf einander gegenüberliegenden Bezirken.

d. Röntgenstrukturanalyse: Im Hufbein am palmaran Gelenk-
rand subchondrale Aufhellungszone, 4 mm tief, 2 mm
breit, und am dors. Rand und in der Mitte der Gelenkfläche
jeweils eine 2 mm tiefe Kerbe. Im Anschluß an letztere
eine runde, etwa 3 mm Ø große Aufhellungszone. Im Kron-
bein distal eine annähernd dreieckig geformte Aufhellungs-
zone, bis zu 3 mm tief, mit Zerstörung der Gelenklinie
(Abb. 26).

Fall 4: 8jähriger Warmblutwallach

a. Vorbericht: vo. li. lahm, Zehenbeugeprobe vo. bds. pos.
Beugesehnen und Interosseus bds. stark schmerzhaft.

b. Röntgenbefund: freier Körper in Fesselgelenk vo.re.,
re. Verkalkung im Bereich der Beugesehne prox. der Gleich-
beine. Hufknorpelverknöcherungen lat., vo. bds.

c. pathologisch-anatomischer Befund: in Fesselgelenk re.
am dors. Rand des Fesselbeins erbsengroßer freier Körper
neben der Sagittalrinne, darunter eine etwa gleichgroße
Erosion. Fesselbein li. entlang dem dors. Rand teils
zottig, teils mit Erosionen. Neben der Sagittalrinne
bds. kleine festsitzende Knorpelzubildung, etwa linsen-
groß. Im Fesselgelenk re. oberflächliche Schliffspuren.

d. Röntgenstrukturanalyse: dist. d. Gelenklinie des Fessel-
beins prox. li. und re. einige Gefäßlöcher.

Fall 5: 10jähriger Warmblutwallach

a. Vorbericht: Strahlfäule, vo. li. trablahm +, vo. re.
+/-, vo. li.: TPA -, MPA -, HPA +, dann Beugeprobe -,
vo. re.: TPA -, MPA pos. mit ger. Restlahmheit.

b. Röntgenbefund: dors. auf Kronbein bds. knöcherne
Auflagerungen, bes. re. bds. Hakenbildung am dors.



Abb. 26 : subchondrale Aufhellung im distalen Kron-
bein mit Zerstörung der Gelenklinie

Rand des Sagittalkamms des Mc.

c. pathologisch-anatomischer Befund: Mc li: ausgedünnter Knorpel im Bereich des Transversalkamms und bds. neben Sagittalkamm hirsekorngroße glattrandige Defekte. Mc li. o.B., Fp li.: ein erbsengroßer oberflächlicher Defekt in Mitte der Gelenkfläche. Kronbein distal bds. in Mitte der sattelf. Einziehung Kerbe und auf Kondylen oberflächliche Rinnen, die in Knorpelzubildung "eingefaltet" sind.

d. Röntgenstrukturanalyse: besondere Befunde lediglich am Kronbein distal: bds. Unterbrechung der Gelenklinie darunter linsengroße Aufhellungszone mit umgebender Verdichtungszone.

Fall 6: 10jähriger Warmblutwallach

a. Vorbericht: vor 3 Jahren wegen Podotrochlose vo. bds. neurektomiert, seit 2 Jahren in größeren Zeitabständen geringgradig lahm.

b. Röntgenbefund: Hakenbildung an dors. Gelenkrand des Fp bds., deutliche knöcherne Auflagerungen dors. auf Kronbein, li. stärker, prox. Bandhöcker des Kronbeins bds. aufgetrieben.

c. pathologisch-anatomischer Befund: In beiden Fesselgelenken mittelgradige Schliffspuren, li. Fesselb. prox. 2 stecknadelkopfgroße, glattrandige Defekte, auf Kronbein prox. li. in Mitte der Gelenkfl. ein hirsekorngroßer mittelgradiger Defekt.

d. Röntgenstrukturanalyse: Fp. bds. schmale 1,5 mm breite Aufhellungszone parallel zu Gelenklinie. In Kronbein prox. li. Gelenklinie unterbrochen und linsengroße Aufhellungszone. Spongiosaveränderung nicht erkennbar.

Fall 7: 6jährige Traberstute

a. Vorbericht: seit längerer Zeit vo. re. trablahm +,
Zehenbeugeprobe vo. re. ++.

b. Röntgenbefund: Zehe vo. re.: starke Osteophytenbildg.
an gesamten med. und lat. Gleichbein, auch basilär.
Hakenbildung ausgeprägt am dors. Gelenkrand Fp, knöcherne
Auflagerungen am dors. Rand des Sagittalkamms, Verdacht
auf linsengroße Aufhellung im palm. Anteil des Mc. Starke
Porosierung im dorsalen Insertionsbereich der Zehenstrecker
am prox. Fesselbein. Zehe vo. li: geringe Hakenbildung am
dors. Gelenkrand Fp. Fd und Kd dagegen deutlicher Rand-
wulst dorsal, spitz ausgezogener Proc. ex.

c. pathologisch-anatomischer Befund: Mc. re: tiefe
Knorpeldefekte im gesamten Bereich des Transversalkamms
auf beiden Kondylen, med. stärker, außerdem bds. neben
Sagittalkamm hirsekorn- bzw. linsengroße Defekte.
Zehe li.: Mc ebenfalls in genannten Lokalisationen Defekte,
die hier nur oberflächlich sind. Fp re: 2 tiefe Defekte,
li. lediglich Randerosionen. Auf übrigen Gelenkflächen
Rauhigkeiten und oberflächliche Läsionen.

d. Röntgenstrukturanalyse: In Mc re. eine Aufhellung von
etwa 4,0 mm im Durchmesser im palm. Anteil, Gelenklinie
dort unterbrochen. Auch Fp re. eine linsengroße Aufhellung
mit unterbrochener Gelenklinie, Gelenklinie Fd bds. ver-
stärkt.

Fall 8: 7jähriger Warmblutwallach

a. Vorbericht: vorne re. seit längerer Zeit lahm, Zehen-
beugeprobe vo. bds. +++.

b. Röntgenbefund: starke Auftreibung im Ansatzbereich der
Zehenstrecker am proximalen Fesselbein, auf Kronbein dors.
Auflagerungen, Rauhigkeiten am dors. Rand des Sagittal-
kamms vo. bds.

c. pathologisch-anatomischer Befund: Mc: bds. jeweils

ein stecknadelkopfgroßer Defekt neben Sagittalkamm und oberflächliche Schliffspuren. Kd re: ein linsengroßer Bezirk von völligem Knorpelverlust auf lat. Kondylus, Kd li: mittelgradiger Defekt gleicher Lokalisation. Korrespondierende Flächen des Hufbeins weisen bds. gerötete Rauigkeiten auf.

d. Röntgenstrukturanalyse: Kd bds. re. stärker, Verstärkung der Gelenklinie.

Fall 9: 8jähriger Traberwallach

a. Vorbericht: nach Arbeit stützbeinlahm:vo. re., Beugeprobe pos., MPA + mit Restlahmheit.

b. Röntgenbefund: linsengroßer freier Körper in Fesselgelenkfl. dorsomedial in Gelenkspalt, Gleichbeine poros.

c. pathologisch-anatomischer Befund: dors. Rand des re. Fesselbeins prox. aufgeworfen und med. der Sagittalrinne eine rundliche Knorpelzubildung, die jedoch in festem Zusammenhang mit dem Gelenkknorpel steht.

Fall 10: 6jährige Warmblutstute

a. Vorbericht: seit 5 Monaten Lahmheit vo. re., MPA pos., Zehenbeugeprobe pos.

b. Röntgenbefund: unsaubere dorsale Kronbeinkontur.

c. pathologisch-anatomischer Befund: In der Mitte der dorsalen Gelenkflächenhälfte des medialen Kondylus des Mc ein tiefer, linsengroßer Defekt, der von mehreren stecknadelkopfgroßen, oberflächlichen Defekten umgeben ist. Seitlich an Sagittalkamm etwa linsengroße Zone dunkelgrau verfärbten Gelenkknorpels ohne Substanzverlust. Gegenüberliegende Anteile des proximalen Fesselbeins weisen ebenfalls Knorpeldefekte auf.

d. Röntgenstrukturanalyse: eine etwa 5 mm tiefe und 3 mm breite Aufhellung im dist. Mc dorsal, die von sklerosier-

tem Knochengewebe umgeben ist. Keine erweiterten Gefäßkanäle erkennbar. Im Fesselbein ebenfalls eine Aufhellung in Linsengröße identifizierbar.

C.3. Orientierende Untersuchungen zur röntgenologischen Darstellbarkeit künstlicher Läsionen in den Zehengelenken bei Pferden

I. Material und Methode

Für diese Untersuchungen wurden 5 Vorderextremitäten ausgewählt, die weder pathologisch-anatomische noch röntgenologische Veränderungen aufwiesen.

Zunächst wurden von jeder Zehe 5 Nativröntgenaufnahmen angefertigt. Jeweils in den 2 Projektionen latero-medial und anterior-posterior wurden hohe (Zentralstrahl auf Fesselgelenkspalt) und tiefe (Zentralstrahl auf Hufgelenk) Zehengelenkaufnahmen erstellt. Außerdem wurde eine Röntgenaufnahme in schräg-a.-p. Projektion (Zentralstrahl im Winkel von etwa 35° von unten auf Krongelenk gerichtet) angefertigt.

Auf den Gelenkflächen dieser Extremitäten wurden anschließend in der Reihenfolge Metacarpus distal, Fesselbein proximal, Fesselbein distal, Kronbein proximal, Kronbein distal und Hufbein künstliche Läsionen in Form von Bohrungen gesetzt. Entsprechend den in der Literatur beschriebenen Prädilektionsstellen von Knorpeldefekten und auf Grund eigener Beobachtungen wurden sie auf den meisten Gelenkflächen etwa in der Mitte der Gelenkgruben bzw. -walzen angebracht.

Auf der Hufbeingelenkfläche wurden die Bohrungen in der Mitte des dorsalen Gelenkrandes, etwa am Übergang zum Processus extensorius vorgenommen. Im distalen Metacarpus wurden außerdem beiderseits neben dem Sagittalkamm, an dessen Berührungspunkt mit dem Transversalkamm, Bohrungen durchgeführt.

Nach jeder Bohrung auf den einzelnen Gelenkflächen wurden die Extremitäten wieder in den genannten drei Projektionen geröntgt. Waren auf den Röntgenaufnahmen keine Anzeichen der Läsionen zu erkennen, wurden die Bohrungen in Schritten von etwa 0,4-0,5 mm, mit einer jeweils anschließenden Röntgen-

untersuchung, vertieft.

Begonnen wurde mit Bohrkanälen von etwa 1,5 mm Tiefe und 1,5 mm Durchmesser. Konnten diese Bohrkanäle bei etwa 3,5-4 mm Tiefe nicht dargestellt werden, wurden Bohrkanäle größeren Durchmessers, bis hin zu 3 mm, angelegt.

Die Bohrungen auf den einzelnen Gelenkflächen wurden beendet, wenn sich die künstliche Läsion auf einer der angefertigten Röntgenaufnahmen als deutliche Aufhellung darstellte. War das bei einer Tiefe von 7 mm nicht der Fall, wurde der Versuch bei dieser Bohrkanaltiefe beendet.

Um eine annähernde Vergleichbarkeit von künstlichen Läsionen und natürlichen, mit Gewebe ausgefüllten Defekten im subchondralen Knochen zu ermöglichen, wurden die darstellbaren Defekte anschließend mit einem etwa weichteildichtem Material ausgefüllt.

Hierfür wurde aus praktischen Gründen Schmierseife verwendet, die nach Messungen von HARTUNG u. KELLER (1970) in ihrer relativen Dichte allerdings über der von Weichteilgewebe und Hufhorn liegt. Da die in den subchondralen Zystoiden beobachteten Detritusmassen häufig auch dichteres Gewebe enthalten, bot sich Schmierseife zur Nachahmung dieser Verhältnisse an.

Nach Auffüllung der Defekte der einzelnen Gelenkflächen wurden für jede Gelenkfläche nochmals Röntgenaufnahmen in den genannten drei Projektionen angefertigt.

II. Versuchsergebnisse

Für die röntgenologische Darstellbarkeit der künstlich gesetzten Läsionen wurden bei den einzelnen Gelenkflächen unterschiedliche Werte ermittelt. Die Läsionen konnten auf a.-p. Aufnahmen jedoch in jedem Fall besser erkannt werden als auf latero-medialen Röntgenaufnahmen.

Im folgenden wird aufgeführt, bei welchen Abmessungen (Tiefe und Durchmesser in mm) sich die Bohrkanäle in den einzelnen Gelenkflächen röntgenologisch darstellen ließen und welche Auswirkung die Ausfüllung der Defekte mit Schmierseife auf deren röntgenologische Darstellbarkeit hatte.

1. Metacarpus

Die Bohrungen wurden in 2 Lokalisationen durchgeführt:

- am Endpunkt des Transversalkamms, bds. des Sagittalkamms und
- im Bereich des Transversalkamms auf den Kondylen.

Die direkt neben dem Sagittalkamm durchgeführten Bohrungen konnten bei einem Durchmesser von 2,5 mm und einer Bohrkanaltiefe von 7 mm auf keiner der angefertigten Röntgenaufnahmen festgestellt werden.

Wurden die Bohrungen jedoch im Bereich des Transversalkamms vorgenommen, konnten sie bei einem Durchmesser von 2,5 mm und einer Tiefe von 3,6 mm auf den a.-p. Röntgenaufnahmen in Form von Aufhellungen identifiziert werden. Latero-mediale Röntgenaufnahmen ließen keine Anzeichen der Defekte erkennen. Schrägaufnahmen ermöglichten - allerdings nur bei einer stärkeren Belichtung des Films - sogar die Darstellung von kleineren Defekten mit 2,2 mm Durchmesser und 2 mm Tiefe, die auf entsprechend stärker belichteten a.-p. Aufnahmen nicht zu erkennen waren. Die Aufhellungen konnten auf den Schrägaufnahmen nur mit Versuchskennntnis dem distalen Metacarpus zugeordnet werden, da sich die Gelenkflächen von Metacarpus und proximalem Fesselbein zum Teil übereinander projizieren.

Die nach Auffüllung der Bohrkanäle angefertigten Röntgenauf-

nahmen ließen die Läsionen in keinem Fall mehr erkennen.

2. Fesselbein, proximal

Die Bohrungen wurden im Zentrum der Gelenkgruben des Fesselbeins vorgenommen. Hier konnte ein Defekt auf schräg a.-p. Aufnahmen und horizontalen a.-p. Aufnahmen erst dann als Aufhellung festgestellt werden, wenn er bei einem Durchmesser von 2,5 mm eine Tiefe von 4,7 mm erreicht hatte. Weniger tiefe Bohrkanäle mit 3,4 mm Tiefe und 2,5 mm Durchmesser waren lediglich auf den a.-p. Aufnahmen in Form einer Unterbrechung der Gelenklinie zu erkennen.

Nach Auffüllung der Bohrkanäle waren die Defekte auf a.-p. Aufnahmen nicht mehr sichtbar, während sie auf den Schrägaufnahmen noch zu identifizieren waren. Auf den lateromedialen Röntgenaufnahmen konnten auch hier die Defekte nicht dargestellt werden.

3. Fesselbein, distal

Die Darstellbarkeit der Läsionen auf dieser Gelenkfläche hing offensichtlich von deren Durchmesser ab. So waren Bohrkanäle mit einem Durchmesser von 1,5 mm erst bei einer Tiefe von 4,2 mm in Form von Aufhellungen sichtbar, während Bohrkanäle mit 2,5 mm Durchmesser schon ab 2,9 mm Tiefe dargestellt werden konnten.

Auf den lateralen Röntgenaufnahmen von drei der fünf untersuchten Extremitäten wies die Gelenklinie eine Unterbrechung in Form einer kleinen Kerbe auf. Auch die Erkennbarkeit einer solchen Kerbe war weniger von der Tiefe der Läsion, als von deren Durchmesser abhängig.

Eine Bohrung von 2,5 mm Durchmesser konnte in 2 Fällen schon bei einer Tiefe von 2 mm auf den seitlichen Röntgenaufnahmen als Kerbe erkannt werden, während auf den nach der anschließenden Vertiefung des Bohrkanals angefertigten Röntgenaufnahmen die Kerbe in einem Fall nicht mehr zu entdecken war.

Die im Anschluß an die Auffüllung der Defekte erstellten

Röntgenaufnahmen gaben in keiner Projektion Hinweise auf das Vorliegen einer Läsion.

4. Kronbein, proximal

Die Defekte stellten sich in Abhängigkeit von ihrem Durchmesser bei kaum unterschiedlichen Tiefen auf den a.-p. bzw. auf den schräg-a.-p. Röntgenaufnahmen dar. Bohrkanäle mit 2,5 mm Durchmesser waren bei einer Tiefe von 3,8 mm röntgenologisch sichtbar, während Läsionen von 1,5 mm Durchmesser erst ab 4,2 mm Tiefe nur sehr schwach zu erkennen waren. Auf latero-medialen Röntgenaufnahmen konnten für keine der erwähnten Läsionen Anzeichen festgestellt werden. Wurden die Bohrkanäle aufgefüllt, konnten sie weder auf horizontalen a.-p. noch auf schräg-a.-p. Aufnahmen erkannt werden.

5. Kronbein, distal

Die röntgenologische Erkennbarkeit der künstlichen Defekte des distalen Kronbeins war geringer als die der bisher beschriebenen Gelenkflächen. Eindeutig auf a.-p. Aufnahmen in Form von Aufhellungen zu identifizieren waren lediglich Defekte von 3 mm Durchmesser und 5 mm Tiefe. Bohrungen mit kleinerem Durchmesser konnten auch bei Vertiefung des Bohrkanals über 5 mm hinaus nicht dargestellt werden. Die schräg-a.-p. und latero-medialen Aufnahmen gaben in keinem Fall Aufschluß auf das Vorliegen eines Defekts. Auch die Defekte von 3 x 5 mm konnten nach Auffüllung nicht mehr auf a.-p. Aufnahmen nachgewiesen werden.

6. Hufbein

Subchondrale Aufhellungen des Hufbeins waren auf a.-p. Aufnahmen bei 2,5 mm Durchmesser und 4,2 mm Tiefe identifizierbar, während sie auf Schrägaufnahmen überhaupt nicht dargestellt wurden. Die latero-medialen Röntgenaufnahmen zeigten bei 3 Extremitäten die verschiedenen Defekte in

Form kleiner Kerben, die schon bei einer Defektgröße von 2,0 mm Durchmesser und 2,0 mm Tiefe zu erkennen waren. Bei weiterer Vertiefung der Bohrkanäle konnte auch hier ihre Darstellung in einigen Fällen nicht reproduziert werden.

Auf den drei nach Auffüllung der Defekte angefertigten Röntgenaufnahmen konnten keinerlei Anzeichen der Defekte mehr festgestellt werden.

Die Versuchsergebnisse (C.3.) sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Tab. 2: Röntgenologische Darstellbarkeit künstlicher Defekte

Gelenk- fläche	Defektgröße in mm		Röntgenuntersuchung					
			Nativ			nach Auffüllung		
	Ø	Tiefe	a.-p.	schräg	lat.	a.-p.	schräg	lat.
Mc	a	2,5	7,0	-	-	-		
	b	2,5	3,6	++	++	-	-	-
		2,2	2,0	-*	++*	-	-	-
Fp		2,5	3,4	+	-	-		
		2,5	4,7	++	++	-	++	
Fd		1,5	4,2	++	++	(+)	-	-
		2,5	2,8	++	++	(+)	-	-
Kp		1,5	4,2	(++)	(++)	-	-	-
		2,5	3,8	++	++	-	-	-
Kd		3,0	5,0	++	-	-		
H		2,5	4,2	++	-	(+)	-	
		2,0	2,0	-	-	(+)		-

a : Bohrung im Schnittpunkt von Sagittal- und Transversalkamm

b : Bohrung im Bereich des Transversalkamms

++ : Aufhellung erkennbar

(++) : nur mit Versuchskennntnis als Aufhellung zu interpretieren

+: Unterbrechung der Gelenklinie erkennbar

(+) : Unterbrechung der Gelenklinie, die nur auf einigen Röntgenaufnahmen zu identifizieren war

* : mit höherer Strahlendosis belichtete Röntgenaufnahme

- : kein Hinweis auf eine Läsion

D. DISKUSSION

Die intensive Beanspruchung des Pferdes im Sport ist vermutlich ein wesentlicher Kausalfaktor für die zunehmende Bedeutung der Arthropathia deformans (RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982), die insbesondere an den Zehengelenken des Pferdes beobachtet wird und nach AUER (1980) heute eine der am häufigsten diagnostizierten Lahmheitsursachen darstellt.

Für den Kliniker wie den Radiologen gleichermaßen besteht das Problem, degenerative Gelenkerkrankungen möglichst frühzeitig und sicher zu erkennen, da die Arthropathia deformans ein progredientes Leiden ist und durch therapeutische Maßnahmen nicht geheilt, sondern günstigstenfalls palliativ beeinflußt werden kann (DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ, 1975).

Röntgenologisch sind degenerative Arthropathien zuweilen sehr deutlich als intra- oder periartikuläre Osteophytenbildungen, bis hin zur knöchernen Ankylose, zu erfassen. Diese Befunde treten jedoch häufig erst in fortgeschrittenem Stadium der Erkrankung auf oder sind, wie die periartikulären Exostosen, gar nicht Ausdruck degenerativer Prozesse des Gelenks. So ist der Leist des Pferdes häufig ein Nebenfund bei der Röntgenuntersuchung (RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982; WINTZER, 1982).

Für den Tierbesitzer ist nicht nur die möglichst frühzeitige Erkennung und Behandlung der degenerativen Gelenkerkrankung von Interesse, sondern auch die prognostische Beurteilung durch den Tierarzt. Diese an der Wirtschaftlichkeit orientierte Fragestellung beinhaltet die weitere Verwendung und eventuelle Einschränkung der Einsatzfähigkeit des Pferdes. Hierbei kann die Röntgenaufnahme hilfreich sein, die dem Untersucher Auskunft über äußere Form und Gestalt der knöchernen Gelenkanteile sowie in begrenztem Umfang über deren innere Knochenstruktur gibt. Schwierig ist jedoch gerade die klinische und prognostische Beurteilung der vielfältigen röntgenologischen Erscheinungsbilder der Arthropathia deformans.

Wenn man die Lehrbücher der Pferdekrankheiten zu Rate zieht (ADAMS, 1972; GRANT, 1982; RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982; WINTZER, 1982), so fällt auf, daß als röntgenologische Substrate der chronischen Gelenkerkrankungen in erster Linie Zubildungen von Knochengewebe bzw. kalkdichtem Gewebe genannt werden. Dieses sind sehr deutlich zu erfassende Veränderungen der Gelenkgestalt und -form wie äußere Randwülste, Osteophytenbildung, freie Gelenkkörper, Verkalkungen in Weichteil- oder Knorpelgeweben des Gelenks und die verschiedenen Ankyloseformen. Lokale Aufhellungen in gelenknahen Knochenanteilen (Zystoide, "Knochenzysten") werden in den Lehrbüchern ebenfalls genannt. Dagegen fehlen meist die Veränderungen der subchondralen Spongiosa wie z.B. Sklerosierung und Atrophie, die als Umbauvorgänge in Folge einer veränderten statischen Belastung des Gelenks zu werten sind und auf dem veterinärmedizinischen Gebiet von DÄMMRICH, BRASS und SCHEBITZ (1975) als röntgenologische Korrelate der Arthropathia deformans detailliert beschrieben worden sind. Von WEISS (1968) liegt eine ausführliche Studie über das vielgestaltige röntgenologische Bild der Arthropathia deformans beim Menschen vor, in der die Umbauvorgänge in der subchondralen Spongiosa als mögliche röntgenologische Erscheinungsform dargelegt werden. HICKMAN wies schon 1964 auf die Bedeutung von Dichteänderungen in der gelenknahen Spongiosa als röntgenologischer Indikator für "Osteoarthritis" der Zehengelenke beim Pferd hin. Diese Röntgenbefunde haben bis heute nur wenig Eingang in die praktische Röntgendiagnostik degenerativer Gelenkerkrankungen gefunden. Unser Anliegen war es, in dieser Arbeit sowohl die herkömmlichen Röntgenbefunde als auch bisher wenig beachtete röntgenologische Veränderungen auf ihre Beziehungen zu pathologisch-anatomischen Befunden der entsprechenden Gelenkflächen zu untersuchen. Besonderes Interesse galt der Darstellbarkeit subchondraler Knochenläsionen auf Routineröntgenaufnahmen.

In den letzten Jahren haben sich verschiedene Autoren den

röntgenologischen Problemen der degenerativen Gelenkerkrankungen zugewandt, und es liegen zahlreiche Arbeiten darüber vor.

Ein Teilaspekt der Arthropathia deformans, die subchondralen Knochenzystoide, findet dabei die größte Beachtung. Diese Veränderung ist durch umschriebene Aufhellungen im subchondralen Knochengewebe gekennzeichnet und ist als Röntgenbefund nicht ausschließlich der Arthropathia deformans zuzurechnen (WEISS, 1968), sondern wird, insbesondere bei jungen Tieren, auch im Verlauf von Polyarthritiden und Osteomyelitiden beobachtet (DIK, 1981; FIRTH, 1983). Darüberhinaus können zystoide Defekte auch das Röntgenbild der oft als eigenständige Erkrankungen verstandenen (Osteo-) Chondrosis dissecans bzw. (Osteo-) Chondritis dissecans beherrschen (DÄMMRICH, 1976, STRÖMBERG, 1979; HORNOF, O'BRIEN u. POOL, 1981; TROTTER u. McILWRAITH, 1981; McILWRAITH, 1982b). Nach OLSSON (1982) kommt es bei der Osteochondrosis dissecans über eine unvollständige enchondrale Ossifikation zu stehengebliebenen Knorpelzapfen in Gelenknähe, die sich auf Grund ihrer geringen Strahlenabsorption gegenüber dem strahlendichteren Knochengewebe als Aufhellung darstellen können. Im weiteren Verlauf kann die Osteochondrosis dann Ursache einer degenerativen Arthropathie werden (DÄMMRICH, 1976; STRÖMBERG, 1979).

Die verschiedenen Zystoidformen erlauben in begrenztem Umfang eine ätiologische Unterscheidung. So sind NIEBAUER et al. (1982) der Meinung, daß durch Mikroabszesse bedingte Zystoide eine eher sphärische Form aufweisen, während im Verlauf der Osteochondritis dissecans des Metacarpus (O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER, 1981) auch ovale oder sichelförmige Zystoide beobachtet werden. Bei Retention von Knorpelgewebe durch einen Defekt der enchondralen Ossifikation beim jungen Tier können auf dem Röntgenbild auch oft längliche, zungenförmige Defekte vorherrschen (OLSSON, 1982).

Als Lokalisationen subchondraler Knochenzystoide werden alle distalen Extremitätengelenke des Pferdes genannt. Zahlenmäßig überwiegen dabei Berichte über Zystoide des Fes-

selgelenks (EVANS u. JENNY, 1970; REID, 1970; O'BRIEN, 1977; HORNOF u. O'BRIEN, 1980), obwohl von einigen Untersuchern das Krongelenk als das am häufigsten betroffene Gelenk genannt wird (PETTERSSON u. SEVELIUS, 1968; PETTERSSON u. REILAND, 1969).

Hinsichtlich des klinischen Bildes werden von den Arbeitsgruppen unterschiedliche Angaben gemacht, jedoch wird überwiegend von intermittierenden Lahmheiten berichtet (PETTERSSON u. SEVELIUS, 1968; EVANS u. JENNY, 1970; REID, 1970; DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ, 1975; O'BRIEN, 1977; DIK, 1980; VERSCHOOTEN, 1980; TROTTER u. MCILWRAITH, 1981). Nur wenige Autoren schildern länger bestehende, sich allmählich verstärkende Lahmheiten (NIEBAUER et al., 1982; TROTTER et al., 1982) oder plötzlich einsetzende Lahmheiten (DIK, 1980; VERSCHOOTEN, 1980; MCILWRAITH, 1982b), wie sie hauptsächlich bei Hufbeinzystoiden beschrieben werden. Neben diesen klinischen Befunden nennen einige Autoren auch klinisch inapparente Zystoide (MCILWRAITH, 1982b; NIEBAUER et al., 1982; TROTTER et al., 1982).

Bei der Sektion der betroffenen Gelenke werden als pathologisch-anatomische Befunde kleine, stecknadelkopfgroße Defekte über dem Zystoid (NIEBAUER et al., 1982), aber auch ausgedehnte Knorpelnekrosen (HORNOF u. O'BRIEN, 1980) beobachtet. HORNOF, O'BRIEN und POOL (1981) stellten bei einem Fall von Osteochondritis dissecans im distalen Metacarpus über dem Einbruch von Knochengewebe einen völlig intakten Gelenkknorpel fest.

Neben diesen klinischen, ätiologischen und pathologisch-anatomischen Aspekten interessiert den röntgenologisch tätigen Tierarzt zunächst die Erkennbarkeit und Darstellung der Läsion im Röntgenbild.

Es ist bekannt, daß zwischem dem Röntgenbild und der tatsächlich vorhandenen Schädigung oft eine große Diskrepanz besteht (DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ, 1975; MÜNZER u. HARTUNG, 1977), die sich etwa in Allgemeinplätzen wie "a lesion is four times worse than it appears on the X-ray plate" (eine Veränderung ist viermal schlimmer, als

sie auf dem Röntgenbild erscheint) ausdrückt (MILNE, 1972). Zieht man die vorliegenden Arbeiten über subchondrale Knochenzystoide heran, ist es tatsächlich erstaunlich, welche Größenausdehnung die darstellbaren Zystoide zum Teil erreicht hatten.

Aus anatomischen und röntgentechnischen Gegebenheiten ist erklärlich, daß die Darstellungsgrenze der Aufhellungen der einzelnen Zehengelenke je nach Lokalisation bei unterschiedlichen Werten liegt. Die kleinsten in der Literatur beschriebenen Zystoide befanden sich im Krongelenk. TROTTER et al. (1982) konnten in distalen Fesselbeinabschnitten lokalisierte Aufhellungen bereits bei einer Größe von 3 bis 4 mm im Durchmesser feststellen, und PETERSSON und SEVELIUS (1968) erwähnen sogar ein Kronbeinzystoid (proximal) von 2 bis 3 mm im Durchmesser. Dagegen nennt VERSCHOOTEN (1980) für die von ihm beobachteten Kronbeinzystoide, die er als "eher klein" empfindet, eine Größe bis zu 12 mm im Durchmesser. Hufbeinzystoide gehören zu den größeren Aufhellungen und schwanken nach VERSCHOOTEN (1980) und VERSCHOOTEN und DeMOOR (1982) in ihrer Größe von 8 mm bis hin zu 25 mm im Durchmesser. PETERSSON und SEVELIUS (1968) kommen mit Durchmessern von 10 bis 15 mm bei den von ihnen beschriebenen Hufbeinzystoiden auf ähnliche Werte.

Die genannten Aufhellungen können, wie aus den Publikationen der verschiedenen Untersucher übereinstimmend zu entnehmen ist, in der Regel auf den a.-p. Aufnahmen besser als auf den seitlichen Aufnahmen erkannt werden. Dies gilt auch für dorsal im Metacarpus lokalisierte Aufhellungen, jedoch nicht für umschriebene, palmar im distalen Metacarpus gelegene Zonen erhöhter Strahlendurchlässigkeit.

Über diese wurde in den letzten Jahren mehrfach berichtet, und es liegen ausführliche und detaillierte Studien zu diesem Thema von den Arbeitsgruppen der Autoren HORNOF und O'BRIEN vor (O'BRIEN, 1977; HORNOF u. O'BRIEN, 1980; HORNOF, O'BRIEN u. POOL, 1981; O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER, 1981). Sie beschäftigten sich u.a. besonders mit röntgenologischen Fragestellungen - so z.B. mit der Darstellbarkeit

von palmar gelegenen Metacarpuszystoiden auf Röntgenaufnahmen (O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER, 1981). Unter Anwendung der an der School of Veterinary Medicine, University of California, Davis, California, üblichen konventionellen Röntgentechnik sind die Zystoide erst dann auf den a.-p. Aufnahmen sichtbar, wenn sie eine Größe von 10 x 6 mm (Länge x Tiefe) erreicht haben und auf den Schrägaufnahmen (im 25°-Winkel von der latero-medialen Projektion nach dorsal und nach palmar) erst dann, wenn die Zystoide über 10 mm lang sind. Im Gegensatz zu den dorsal im Metacarpus lokalisierten Zystoiden sollen den Autoren zufolge die palmar gelegenen Läsionen am besten auf den latero-medialen Röntgenaufnahmen, allerdings auch erst bei einer Tiefe von 5 bis 6 mm, zu erkennen sein (O'BRIEN, 1977; O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER, 1981). Besonders die Schrägaufnahmen, die etwa den an unserer Klinik verwendeten Projektionen zur Darstellung der Gleichbeine entsprechen, seien zur Feststellung palmar gelegener Zystoide ungeeignet, da diese nach Beobachtungen von O'BRIEN (1977) erst bei einer Größe von 20 bis 40 mm sichtbar würden. Eine von HORNOF und O'BRIEN (1980) entwickelte neue Projektion, die 125° DPMS (125-degree dorsopalmar metacarpal skyline projection), sollte eine frühzeitigere Diagnose ermöglichen und ist nach Ansicht der Autoren dazu geeignet, einen auf Grund von latero-medialen Röntgenaufnahmen erhobenen Verdacht zu erhärten. Sie ermöglicht jedoch nicht eine Verschiebung der Grenze der Darstellbarkeit palmar gelegener subchondraler Aufhellungszonen des Metacarpus, die etwa bei 5 bis 6 mm Tiefe der Zystoide liegt.

In dieser Arbeit sollte unter anderem untersucht werden, ob röntgenologisch festgestellte Aufhellungen tatsächlich eine subchondrale Läsion anzeigen und inwieweit eine Darstellung ausgedehnter Gelenkknorpelschäden mit Beteiligung des subchondralen Knochens in Zehengelenken des Pferdes auf Routineröntgenaufnahmen überhaupt möglich ist. Außerdem sollte der Aussagewert einer weiteren Projektion, der schräg-

a.-p. Projektion überprüft werden.

Hierfür standen die Ergebnisse von vergleichenden röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Serienuntersuchungen zur Verfügung, die durch Versuche zur Darstellbarkeit experimentell erzeugter Läsionen (Bohrungen) sowie einige Fallstudien von Pferden mit bekanntem Vorbericht ergänzt wurden.

Alle im Rahmen dieser Versuche angefertigten Röntgenaufnahmen wurden mit der in der Klinik üblichen Standardtechnik aufgenommen. Zusätzliche Aufnahmen wurden entsprechend dem Vorgehen in der Routinediagnostik nur dann erstellt, wenn die Erstaufnahmen technische Mängel aufwiesen.

Bei der Auswertung der serienmäßig angefertigten Röntgenaufnahmen stellten wir zahlreiche subchondrale Aufhellungen fest. Dabei konnten wir strengere Bewertungsmaßstäbe anlegen, als es in der Routinearbeit möglich ist, und jede Aufnahme konnte wesentlich ausführlicher und mit einem größeren Zeitaufwand "gelesen" werden. Durch die Auswertung zahlreicher Röntgenaufnahmen des gleichen Objekts konnten auch sehr feine Veränderungen, wie beispielsweise kleine, feinnuancierte Aufhellungen und Konturveränderungen der Gelenklinie, relativ sicher erkannt werden. Die Fähigkeit, Leuchtdichteunterschiede wahrzunehmen, ist individuell verschieden, jedoch beim geübten Betrachter größer als beim ungeübten. Wie RÖHLER (1957) dazu allerdings ausführt, kann ein erfahrener Untersucher die Leuchtdichteunterschiede zwar wahrnehmen, aber nicht immer unterscheiden, ob sie echt sind oder nicht, d.h. ob sie tatsächlich vorhanden sind, oder ob es sich um zufällige Schwankungen in der Schwärzung des Films handelt. Auch die von uns als subchondrale Aufhellungen bezeichneten Veränderungen waren zwar deutliche umschriebene Zonen erhöhter Strahlendurchlässigkeit, wiesen aber nicht unbedingt einen derartigen Kontrast zum umgebenden Knochengewebe auf, wie man es von ausgedehnten, klassischen Zystoiden kennt, und waren in der Regel kleiner als die in der Literatur beschriebenen Zystoide.

Unter den 21 histologisch untersuchten Präparaten waren 9 Fälle mit zum Teil ausgedehnten subchondralen Knochenläsionen, die auf den Röntgenstrukturaufnahmen als fest umrissene Aufhellungen zu identifizieren waren. Ihre Darstellung auf Röntgenaufnahmen erwies sich dagegen als schwierig.

So konnte auf Röntgenaufnahmen lediglich eins dieser Zystoide dargestellt werden, das im distalen Metacarpus auf der Palmarfläche lokalisiert war und etwa 5 mm im Durchmesser groß war. In Übereinstimmung mit den Angaben in der Literatur haben wir dieses Zystoid nur auf einer latero-medialen Röntgenaufnahme festgestellt, während die a.-p. Projektion keinen Anhaltspunkt dafür ergab.

Pathologisch-anatomisch wies die Gelenkfläche ausgedehnte, profunde Knorpelläsionen im Bereich des Transversalkamms auf. Die korrespondierende Gelenkfläche des Fesselbeins zeigte ebenfalls schwerwiegende Alterationen des Knorpels. Diese subchondrale Aufhellung war die größte Veränderung dieser Art, die bei dem Schlachtpferdematerial beobachtet wurde. Dagegen wurden bei einigen der bekannten Pferde auf Röntgenstrukturaufnahmen größere Zystoide auch in anderen Gelenken gefunden, die jedoch auf den Röntgenaufnahmen sogar mit Kenntnis des Befundes nicht entdeckt werden konnten.

Auffällig war, daß Kontinuitätsverletzungen der Knochengrenzlamelle sich offensichtlich in einigen Fällen röntgenologisch als Kerbe in der Gelenklinie darstellten. WEISS (1968) bezeichnet Kerben in der Gelenklinie als ein deutliches Anzeichen von Einbrüchen oder Verletzungen der Knochengrenzlamelle. Diese Veränderung beobachteten wir bei vier der Klinikpatienten (Fälle 1,2,2a und 3) und bei einer Schlachtpferdeextremität (Abb. 27). Zwei der Klinikpatienten wiesen im Bereich der Kerben auf den Röntgenstrukturaufnahmen deutliche Zystoide auf (Fesselbein proximal, Hufbein), während das andere Klinikpferd und das Schlachtpferd eine Kerbe im Hufbein aufwiesen, die in beiden Fällen durch eine alte, verheilte Fraktur verursacht wurde.



Abb. 27 : Kerbe in der Gelenkfläche
des Hufbeins (latero-mediale
Röntgenaufnahme)

In diesem Zusammenhang ist interessant, daß bei den künstlich erzeugten Läsionen ebenfalls in einigen Fällen Kerben in der Gelenklinie festgestellt wurden (Fesselbein distal, Hufbein); hier wie auch in den obengenannten Fällen auf latero-medialen Röntgenaufnahmen. Die Begriffe "Kerbe" und die öfter beschriebene "Unterbrechung der Gelenklinie" müssen klar gegeneinander abgegrenzt werden. Als Kerben werden hier etwa 2 mm tie-

fe, meist auf lateralen Aufnahmen festgestellte Einschnitte in die Gelenkfläche bezeichnet, während der Ausdruck "Unterbrechung der Gelenklinie" eine Kontinuitätsverletzung der nur "bleistiftstrichstarken", sehr fein gezeichneten Gelenklinie meint (Abb. 43, S.230). Die Darstellung der Kerben war in den beschriebenen Fällen nicht immer reproduzierbar. Dies wurde insbesondere bei einem Pferd mit einer verheilten Hufbeinfraktur deutlich, denn schon bei einer geringgradig veränderten Richtung des Zentralstrahls bei der latero-medialen Aufnahme war die Kerbe nicht mehr darzustellen. Sicherlich kann man die künstlich erzeugten Läsionen nicht den natürlichen Veränderungen gleichsetzen, sollte aber die Untersuchungsergebnisse bei der Interpretation des Befundes "Kerbe in der Gelenkfläche" zum Vergleich heranziehen. In Bezug auf die Erkennbarkeit der Kerben wurde in den Versuchen zur Darstellung künstlicher Läsionen nämlich eine ähnliche Abhängigkeit von der Lagerung der Extremität bei der Exposition beobachtet.

Aufgrund der Versuchsanordnung mußten von jeder Gelenkfläche mehrere Aufnahmen gleicher Projektion angefertigt werden, auf denen in einigen Fällen die Kerbe trotz Vertiefung und Erweiterung des Bohrkanals nicht mehr auffindbar war. Diese Beobachtungen erlauben die Schlußfolgerung, daß auch ein Verschwinden der Kerbe auf Kontrollröntgenaufnahmen nicht gleichbedeutend mit einem Verschwinden der Kerbe auf der Gelenkfläche selbst sein muß. Für die Bewertung von Röntgenbefunden in einer Verlaufsuntersuchung über einen längeren Zeitraum könnte diese Erfahrung von Bedeutung sein.

In der Reihenuntersuchung von Schlachtpferdeextremitäten wurden, abgesehen von den histologisch untersuchten Fällen, bei einigen Präparaten Aufhellungen auf den Röntgenaufnahmen festgestellt.

Für die einzelnen Gelenkflächen kamen wir bezüglich der Aufhellungen im Vergleich mit pathologisch-anatomischen Be-

funden und der Röntgenstrukturanalyse zu unterschiedlichen Ergebnissen. Die Gelenkfläche, die mit Abstand die meisten schwerwiegenden pathologisch-anatomischen Befunde und Aufhellungen in der subchondralen Spongiosa auf Röntgenstrukturaufnahmen gezeigt hatte, die distale Gelenkfläche des Metacarpus, wies nicht wesentlich mehr Aufhellungen auf den Röntgenaufnahmen als die anderen Gelenkflächen auf. Dies wird besonders deutlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß auf Röntgenstrukturaufnahmen des Metacarpus bei etwa 30% der Extremitäten (24 Fälle) deutliche Aufhellungen beobachtet wurden, jedoch nur bei drei Gelenkflächen Aufhellungen auf den Röntgenaufnahmen identifiziert werden konnten. Die pathologisch-anatomische Untersuchung hatte in allen drei Fällen starke Knorpelzerstörungen im Bereich des Transversalkamms, also das Bild der gullwing-arthrosis, und meist auch Defekte am Schnittpunkt von Transversal- und Sagittalkamm ergeben. Mehr als zwei Drittel der Gelenkflächen mit palmar gelegenen Aufhellungszonen auf den Röntgenstrukturaufnahmen wiesen schwere Defekte im Bereich des Transversalkamms bzw. neben dem Sagittalkamm auf, die zumindest in einigen Fällen nicht weniger ausgeprägt waren, als bei den Gelenkflächen mit den auf Röntgenaufnahmen darstellbaren Aufhellungen. Als mögliche Ursache kommt dafür eine unterschiedliche Belichtung der Röntgenfilme in Betracht. Die unterschiedlichen Strahlenabsorptionswerte der einzelnen Extremitäten, die in erster Linie von Faktoren wie Dichte und Dicke bestimmt werden und nicht ganz durch eine am Umfang der Extremität orientierte Strahlendosis ausgeglichen werden können, haben möglicherweise unterschiedliche Schwärzungsgrade der Röntgenfilme bewirkt. Diese führen, auch wenn sie nur geringfügig sind, zu einem verminderten Bildkontrast. Gerade vom Bildkontrast hängt jedoch die Detaillierbarkeit entscheidend ab. REID (1970) betont ausdrücklich, wie negativ sich schon geringfügige Unterbelichtungen auf die Erkennbarkeit subchondraler Aufhellungszonen auswirken können. Als mögliche Erklärung für den hohen Anteil nicht erkannter subchon-

draler Knochenläsionen in unserem Material sind sicherlich auch solche belichtungstechnischen Gründe zu erwägen. Hier muß jedoch bedacht werden, daß ein großer Teil der im distalen Metacarpus lokalisierten Aufhellungen unter dem als Darstellungsgrenze angegebenen Wert von 5 bis 6 mm Tiefe lag (O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER, 1981).

Die experimentell im Bereich des Transversalkammes des distalen Metacarpus erzeugten Knochenläsionen konnten trotz des Luftkontrasts erst bei einer Tiefe von 2 bis 3 mm dargestellt werden. Wurden die Bohrungen neben dem Sagittalkamm (im Schnittpunkt mit dem Transversalkamm) angelegt, konnten sie bei einer Tiefe von 7 mm trotz des Luftkontrasts nicht auf den Röntgenaufnahmen erkannt werden.

Ein Pferd, das vorne rechts seit Monaten eine Lahmheit zeigte (Fall 10), wies bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung tiefe Knorpeldefekte im Bereich des Transversalkammes und auf den Röntgenstrukturaufnahmen eine im Durchmesser etwa 6 mm große Aufhellung auf, für die auf keiner der angefertigten Röntgenaufnahmen ein Anhaltspunkt gefunden werden konnte.

Diese Ergebnisse bestätigen die aus der Literatur bekannte Tatsache, daß subchondrale Zystoide des distalen Metacarpus in der Röntgendiagnostik ein besonderes Problem darstellen und, wenn überhaupt, erst in fortschrittenem Stadium nachgewiesen werden können.

In den am Fesselgelenk beteiligten Fesselbeinabschnitten (proximal) konnten auf Röntgenaufnahmen keine subchondralen Aufhellungen festgestellt werden. Auf den Röntgenstrukturaufnahmen dagegen wurden bei einem Viertel der serienmäßig untersuchten Extremitäten subchondrale Aufhellungszonen unterschiedlicher Größe beobachtet. Die von einigen Fällen angefertigten histologischen Schnitte bestätigten die an Röntgenstrukturaufnahmen erhobenen Befunde. Es ist anzunehmen, daß durch die unmittelbar an die Gelenklinie anschließende Spongiosaverdichtung die Darstellung umschriebener Zonen von erhöhter Strahlendurchlässigkeit im proximalen Fesselbein erschwert wird.

Künstliche Läsionen des proximalen Fesselbeins stellten sich in unseren Untersuchungen erst bei einer Tiefe von über 4,7 mm mit Luftkontrast auf den Röntgenaufnahmen als Aufhellungen dar.

Ein Pferd mit bekanntem Vorbericht (Fall 1) ließ auf der Röntgenstrukturaufnahme ein ausgedehntes Zystoid erkennen (Abb. 44, S. 238), für das es auf keiner der Röntgenaufnahmen einen Hinweis gab.

Subchondrale, strahlendurchlässige Zonen im distalen Fesselbein konnten dagegen auf Röntgenaufnahmen wesentlich besser erkannt werden. Dies waren in der Reihenuntersuchung zum einen Gefäßblöcher, zum anderen in den Kondylen lokalisierte Aufhellungen von etwa 1,5 bis 2 mm im Durchmesser und in der Mitte der Gelenkfläche lokalisierte Aufhellungen. Da die Gefäßblöcher nur bei einem Teil der Extremitäten beobachtet wurden, sollte überprüft werden, ob sie in solchen Fällen mit pathologisch-anatomischen Veränderungen einhergingen. Die 9 Gelenkflächen Fd mit kleinen Gefäßblöchern wiesen überwiegend keine makroskopischen Veränderungen auf, zeigten aber auf den Röntgenstrukturaufnahmen eine Verschmälерung der Verdichtungszone. "Große Gefäßblöcher" von etwa 1,5 mm im Durchmesser korrelierten meist mit geringgradigen makroskopischen Veränderungen.

Die in den Kondylen lokalisierten Aufhellungen konnten bei der distalen Fesselbeingelenkfläche trotz ihrer recht geringen Größe deutlich auf den a.-p. Aufnahmen als solche erkannt werden. In allen Fällen fanden sich pathologisch-anatomisch schwerwiegende Defekte der entsprechenden Lokalisation, die ebenfalls auf den Röntgenstrukturaufnahmen als Aufhellungen nachvollziehbar waren. Auffallend ist hier, daß lediglich diejenigen Defekte mit Beteiligung des Knochengewebes im Röntgenbild erkannt werden konnten, die etwa in der Mitte der Kondylen, also im Bereich der stärksten Vorwölbung, lokalisiert waren. Der Grund dafür dürfte sein, daß hier weniger strahlendichtes Knochengewebe in Umgebung der Aufhellung liegt und so die Strahlenabsorption geringer ist als zum Beispiel beim proximalen Fesselbein. Besonders die Schrägprojektion kann die Überlagerung von Kron- und

Fesselbein in diesem Bereich gering halten und damit zu einer besseren Darstellbarkeit von Aufhellungen des distalen Fesselbeins beitragen. So konnte in einem Fall auf der Schrägaufnahme eine Aufhellung deutlich erfaßt werden, die auf der horizontalen a.-p. Aufnahme nicht identifizierbar war (Abb. 28). Auch bei der Darstellung experimentell erzeugter Läsionen erwies sich die schräg-a.-p. Projektion in einigen Fällen als günstig.

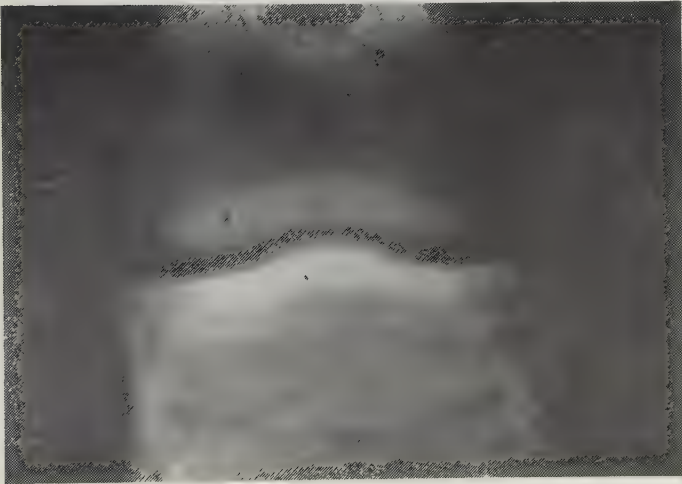


Abb. 28 : schräg-a.-p. Röntgenaufnahme

Im Kondylus des distalen
Fesselbeins Aufhellung (breiter Pfeil);
Unterbrechung der Gelenklinie des
proximalen Kronbeins (schmaler Pfeil)

Die Anzahl der auf Röntgenaufnahmen beobachteten Aufhellungszonen des distalen Fesselbeins ist im Vergleich mit den Gelenkflächen des proximalen Fesselbeins und des distalen Metacarpus insofern besonders beachtenswert, als hier lediglich bei knapp einem Viertel des Serienmaterials schwerwiegende makroskopische Veränderungen festgestellt wurden und lediglich bei etwa 6% des Materials, das sind 5 Gelenkflächen, Aufhellungszonen auf den Röntgenstrukturaufnahmen vorkamen (abgesehen von den charakteristisch geformten Gefäßblöchern).

Allerdings muß bei der Interpretation von Ergebnissen der Röntgenstrukturanalyse immer bedacht werden, daß diese Methode nicht zuverlässig alle Veränderungen der inneren Knochenstruktur spiegeln kann. Schwierigkeiten bestehen hier insbesondere bei der Darstellung von Aufhellungen, die durch Verdichtung des Spongiosagewebes in ihrer Umgebung überdeckt werden können oder durch Lufteinschlüsse unter lose aufliegenden Weichteilpartikeln auf den Knochenscheiben vorgetäuscht werden können und schließlich wegen mangelhafter, durch die nicht immer zu vermeidende unterschiedliche Dicke der Knochenscheiben bedingte Filmschwärzung eventuell nicht zur Abbildung gelangen.

In der Mitte des distalen Fesselbeins, ebenso des distalen Kronbeins beobachtete Aufhellungen (vgl. Abb. 28) sollten vorsichtig interpretiert werden, da als Ursache dafür in unserem Material anatomische Normabweichungen festgestellt wurden.

Die künstlich erzeugten Läsionen auf der distalen Gelenkfläche des Fesselbeins waren von allen Bohrungen am besten auf Röntgenaufnahmen darzustellen. Dies gilt für die horizontale wie die schräge a.-p. Aufnahme, die bereits Defekte in der Größe von 2,5 x 2,8 mm mit Luftkontrast deutlich erkennen ließen. Nach Auffüllung der Defekte mit etwa weichteildichtem Material konnten die Aufhellungen allerdings nicht mehr identifiziert werden.

Zu den kleinsten in der Literatur beschriebenen subchondralen Aufhellungen gehören ebenfalls die Zystoide in den

distalen Fesselbeinabschnitten (TROTTER et al., 1982). Die Autoren konnten sie bereits in einer Größe von etwa 3 mm im Durchmesser röntgenologisch erfassen.

Problematisch ist dagegen die Bewertung von Zonen veränderter Strahlendurchlässigkeit in proximalen Kronbeinabschnitten, denn die Fehlerquote war hierbei in unseren Versuchen im Vergleich zu den besprochenen Gelenkflächen höher. Für zwei Gelenkflächen wurde der Verdacht auf eine Aufhellung ausgesprochen und bei einer Extremität eine Aufhellung festgestellt. In den Verdachtsfällen wurden auf den Gelenkflächen keine Veränderungen beobachtet, während die Gelenkfläche mit einer deutlichen Aufhellung zwei tiefe Defekte hatte, aber auf Röntgenstrukturaufnahmen keine Aufhellung zeigte. Der Grund dafür könnte in anatomischen Verhältnissen gesucht werden, denn bereits wenig distal des Krongelenks endet der Hornschuh, und der knöcherne Teil der Gliedmaße wird von einem dickeren Weichteilmantel umgeben, so daß das Kronbein auf den Zehengelenksaufnahmen oft relativ "weiß" und kontrastarm dargestellt ist (vgl. Abb. 15, S.118). Zudem weist das proximale Kronbein eine im Vergleich zur Größe des Knochens relativ breite und dichte bandförmige subchondrale Spongiosaverdichtung auf (vgl. Abb. 17, S.126), die eine Erhöhung der Strahlendurchlässigkeit im eng umschriebenen Bereich der Läsion auffängt und so eine stärkere Schwärzung des Films verhindert.

Auch die künstlichen Läsionen auf der proximalen Gelenkfläche des Kronbeins konnten trotz des Luftkontrasts erst bei einer Tiefenausdehnung von 3,8 mm als Aufhellung erkannt werden.

Eine Schwierigkeit stellt die Überlagerung von anderen Geweben bei der Beurteilung von Aufhellungen in distalen Kronbeinabschnitten und Hufbein dar. Einerseits kommt es durch das umgebende Weichteilgewebe zu einer relativ stärkeren Strahlenabsorption und damit geringeren Schwärzung des Röntgenfilms, und andererseits können Aufhellungen vorgetäuscht werden. Es ist vorstellbar, daß z.B. Luftein-

schlüsse unter lose aufliegenden Hornschuppen auf das Kronbein projiziert werden, und dann nur schwer von echten Aufhellungen im Knochen zu unterscheiden sind. Erstaunlich ist daher, daß von vier Extremitäten mit Aufhellungen in den Kondylen des Kronbeins drei tatsächlich schwerwiegende makroskopische Veränderungen aufwiesen und die Aufhellungen auch auf den Röntgenstrukturaufnahmen verifiziert werden konnten. Als mögliche Erklärung kommt dafür in Betracht, daß die distalen Kronbeinabschnitte keine solch eindeutige Verdichtungszone aufweisen, wie sie in den proximalen Abschnitten von Fesselbein und Kronbein zu finden ist und dort wohl die Erkennbarkeit von Aufhellungen herabsetzte.

Künstliche Defekte auf der distalen Kronbeingelenkfläche konnten dagegen erst bei einem Durchmesser von 3 mm und einer Tiefe von 5 mm röntgenologisch nachgewiesen werden. Diese Abmessungen sind zu relativieren, da der Gelenkknorpel des distalen Kronbeins dicker als auf den proximal davon gelegenen Gelenkflächen ist. Nach NILSSON und OLSSON (1973) kann er im Zentrum der Gelenkfläche (Kd) um 2 mm dick sein, während die Gelenkknorpelschicht auf den Gelenkflächen Mc, Fp, Fd und Kp etwa bis zu 1 mm stark ist.

Aufhellungen im Hufbein wurden in dem untersuchten Material auf Röntgenaufnahmen nicht beobachtet.

Künstliche Defekte konnten hier auch erst bei einer Bohrkanaltiefe von 4 mm auf horizontalen a.-p. Aufnahmen mit Luftkontrast dargestellt werden. Der Gelenkknorpel des Hufbeins soll nach Messungen von NILSSON und OLSSON (1973) in der Mitte bis zu 3 bis 4 mm dick sein. Diesen Wert können wir für die Gelenkflächen mit einer plattenförmigen Verdickung des Gelenkknorpels bestätigen, während die Gelenkknorpelschichtdicke der unveränderten Hufbeine nach unseren Messungen nicht über 3 mm lag. Die Bohrungen wurden von uns aus diesem Grund nicht in der Mitte der Gelenkfläche angebracht, sondern im Bereich des Processus extensorius, wo nach den Angaben in der Literatur bevorzugt Defekte lokalisiert sind (VERSCOOTEN, 1980; VERSCOOTEN u. DeMOOR, 1982). Nach

NILSSON und OLSSON (1973) ist der Gelenkknorpel hier dünner und kann bis zu 2 mm dick sein.

Es sei nochmal darauf hingewiesen, daß bei einigen Gelenkflächen mit mehr oder weniger ausgedehnten Veränderungen im subchondralen Knochen des Hufbeins als einziger Röntgenbefund eine Kerbe in der Gelenkfläche des Hufbeins gefunden wurde (Fall 2 u. 3, eine Schlachtpferdeextremität).

Die röntgenologische Beurteilung subchondraler Aufhellungszonen durch einen Vergleich mit pathologisch-anatomischen Befunden und den Ergebnissen der Röntgenstrukturanalyse abzuklären, ist ein Teilaspekt der vorliegenden Arbeit. Uns kam es darüberhinaus darauf an, die in der Routineröntgen-diagnostik von degenerativen Gelenkveränderungen beim Pferd herangezogenen Röntgenbefunde auf ihren Aussagewert zu überprüfen und wenn möglich, durch weitere Röntgenbefunde zu ergänzen.

Als Maßstab für die tatsächlich vorhandene Schädigung des Gelenks wurde das makroskopische Bild der Gelenkflächen gewählt. Da allein aus dem pathologisch-anatomischen Befund der Gelenkfläche nicht unbedingt Rückschlüsse auf die Beteiligung des subchondralen Knochengewebes gezogen werden können, wurden die Befunde mit den Aussagen der Röntgenstrukturaufnahmen verglichen. Daraus ergab sich, daß bei nahezu allen Gelenkflächen die Bewertung nach dem pathologisch-anatomischen Bild durch die Röntgenstrukturanalyse bestätigt wurde und deshalb zur Klassifikation herangezogen werden konnte.

Nur in wenigen Fällen zeigten sich graduell unterschiedliche Beurteilungen in makroskopischer Untersuchung bzw. Röntgenstrukturanalyse dergestalt, daß zunächst auf Grund eines als oberflächlich erscheinenden Defektes als "geringgradig makroskopisch verändert" klassifizierte Gelenkflächen auf der Röntgenstrukturaufnahme und zum Teil auch auf dem histo-

logischen Schnitt deutliche subchondrale Läsionen aufwiesen, die dann eine Korrektur der Einteilung der entsprechenden Gelenkfläche in "schwerwiegend makroskopisch verändert" erforderlich machten.

Bei der Klassifikation der Gelenkflächen nach pathologisch-anatomischen Gesichtspunkten bestand zunächst die Forderung nach einem für alle Gelenkflächen einheitlichen Bewertungsschema, das es einerseits ermöglichte, einen differenzierten Überblick über Zahl und Art der auf den einzelnen Gelenkflächen lokalisierten Veränderungen zu geben, andererseits jedoch einen übersichtlichen Vergleich mit den unterschiedlichen Röntgenbefunden erlaubte. Aus diesem Grund wurden die Gelenkflächen nach Art und Grad ihrer makroskopisch erkennbaren Gelenkknorpelalterationen in 3 Gruppen eingeordnet (makroskopisch nicht, geringgradig bzw. schwerwiegend verändert). In den wenigen Fällen, die fälschlicherweise als "geringgradig verändert" eingestuft worden waren, konnte unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus Röntgenstrukturanalyse die Bewertung ggf. korrigiert werden.

Hier ergibt sich die wesentliche Fehlermöglichkeit dieser Art von Bewertung, denn die Wahl der Beurteilungskriterien, wie auch die Beurteilung von Gelenkknorpelveränderungen selbst, ist im wesentlichen subjektiv. Innerhalb dieses Systems bleibt die Klassifikation dann allerdings relativ konstant, da sie immer vom gleichen Untersucher vorgenommen wurde.

Die Interpretation der Röntgenaufnahmen ist ebenfalls stark subjektiv beeinflusst und hängt ganz entscheidend von der Fähigkeit zur Detailerkennbarkeit des Betrachters ab. Um die im Rahmen unserer Untersuchung erhobenen Röntgenbefunde zu überprüfen und damit abzusichern, vielleicht auch etwas mehr zu objektivieren, wurden sie mit den Ergebnissen der Röntgenstrukturanalyse verglichen. Hier ergab sich in der Regel ein hoher Grad an Übereinstimmung. Dies war unserer Meinung nach besonders wertvoll bei den Röntgenbefunden, die sonst in der praktischen Routinediagnostik wenig berücksichtigt

werden wie z.B. Veränderungen der subchondralen Spongiosa, der Gelenklinie und feinnuancierten Graustufungen wie Aufhellungen oder Verschattungen. Es war uns möglich, diese Veränderungen mit relativ großer Sicherheit aus den Aufnahmen zu "lesen"; ein wichtiger Faktor dafür ist sicherlich die (zeitweilig) ausschließliche Beschäftigung mit nur einem Röntgenobjekt, die insbesondere die ständige Kontrolle und Vergleichbarkeit der eigenen Bewertungskriterien ermöglicht.

Um die Röntgenbefunde auf ihre Übereinstimmung mit der tatsächlich vorhandenen Läsion des entsprechenden Gelenks zu überprüfen, wurden sie in Beziehung zu den pathologisch-anatomischen Veränderungen beider Gelenkflächen gesetzt. Für alle Zehengelenke läßt sich übereinstimmend feststellen, daß korrespondierende Gelenkflächen in der Regel Veränderungen ähnlichen Schweregrades aufwiesen. Es wurden aber bei einigen Gelenken auch Kombinationen von schwerwiegenden auf der einen und geringgradigen Veränderungen auf der anderen Gelenkfläche beobachtet, ebenso wie einige Gelenkflächen ohne makroskopische Veränderungen als Gegenüber Gelenkflächen mit geringgradigen Veränderungen hatten. Kombinationen von "schwerwiegend" und "nicht" veränderten Gelenkflächen in einem Gelenk wurden dagegen nur äußerst selten gefunden, je einmal in einem Fesselgelenk bzw. Kron- gelenk und viermal in einem Hufgelenk.

In den Abbildungen 29 bis 35 sind die einzelnen Röntgenbefunde den jeweiligen pathologisch-anatomischen Untersuchungsergebnissen der korrespondierenden Gelenkflächen des Gelenks gegenübergestellt.

Darüberhinaus wurden in einigen Fällen an demselben Gelenk verschiedene Röntgenbefunde gleichzeitig vorgefunden, die zwar meist Kombinationen jeweils verschiedener Veränderungen darstellten, aber doch für die einzelnen Röntgenbefunde aufgestellten Korrelationen zu makroskopischen Veränderungen hätten beeinflussen können. Um diesen Einfluß abzuklären, wurden die Extremitäten herausgegriffen, die die unterschiedlichen Röntgenbefunde jeweils als einzige röntgenologische

Abb. 29: Pathologisch-anatomische Veränderungen der
Gelenkflächen Mc und Fp in Korrelation zu
Röntgenbefunden des distalen Metacarpus



: röntgenologisch verändert



: pathologisch-anatomisch verändert

1 : geringgradig

2 : schwerwiegend

Rauhigkeit dors. Kondylen

Mc

Fp

Rauhigkeit dors. Sagittalkamm

Mc

Fp

Auflagerung dors. Kondylen

Mc

Fp

Auflagerung dors. Sagittalkamm

Mc

Fp

Aufhellungen

Mc

Fp

Verdacht auf Aufhellungen

Mc

Fp

Abplattung palmar

Mc

Fp

kleine knöcherne Spitze

Mc

Fp

Verstärkung der Gelenklinie

Mc

Fp

Unterbrechung der Gelenklinie

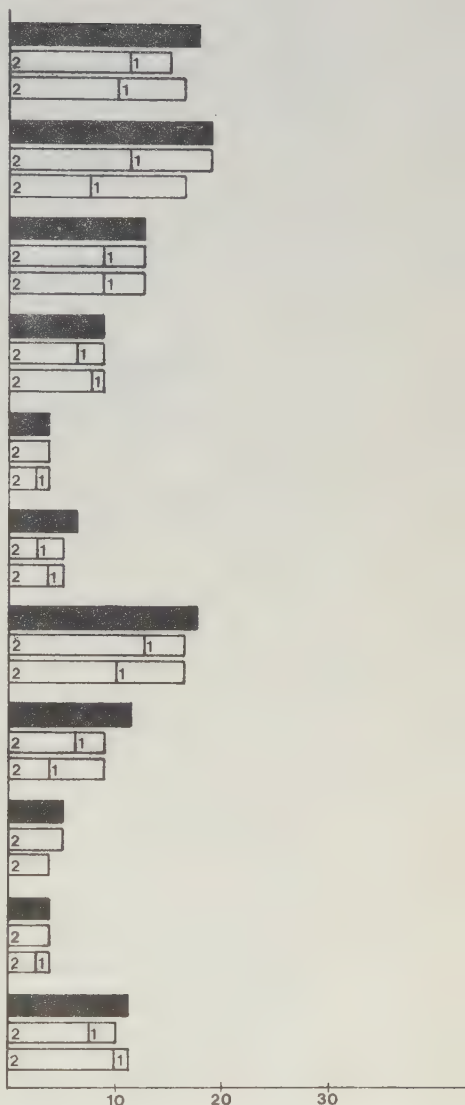
Mc

Fp

Unsauberkeit d. Gelenkspalts

Mc

Fp

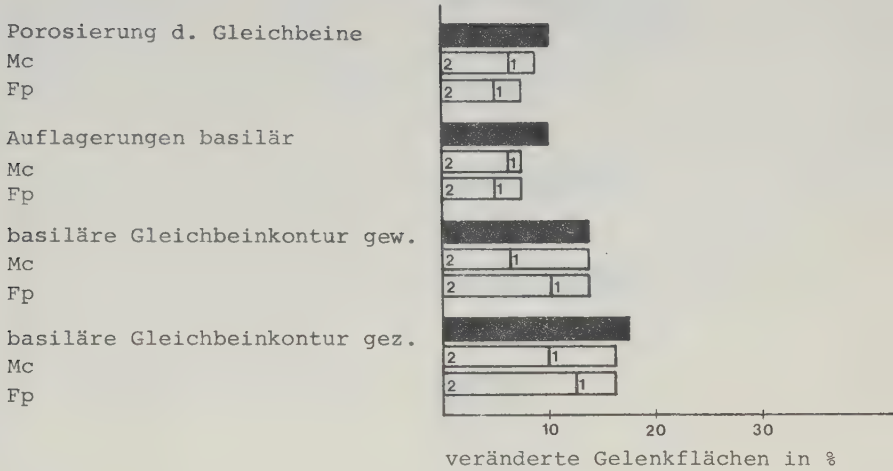


veränderte Gelenkflächen in %

Veränderung der betreffenden Gelenkfläche aufwiesen, und die einzelnen Röntgenbefunde dann in Beziehung zu den pathologisch-anatomischen Befunden gesetzt. Die jeweilige absolute Anzahl der Fälle mit nur einem Röntgenbefund war zwar in der Regel sehr klein; die für die einzelnen Röntgenbefunde bestimmten Korrelationen zu makroskopischen Veränderungen, die in den Abbildungen 29 bis 35 dargestellt sind, konnten jedoch im wesentlichen bestätigt werden.

Im folgenden soll vergleichend auf die Beziehungen zwischen röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Untersuchungsergebnissen eingegangen werden.

Einer der klassischen Röntgenbefunde der Arthropathia deformans ist der Randwulst, den man beim Pferd besonders an den distalen Gelenkflächen der Zehengelenke als äußeren Randwulst beobachtet. Dieser kann in der Regel am dorsalen Gelenkrand auf latero-medialen Röntgenaufnahmen dargestellt werden. Bei dem serienmäßig untersuchten Schlachtpferdematerial wurde dieser Befund häufig erhoben und ist, nach unseren Ergebnissen, sicherlich als Anzeichen für eine Gelenkerkrankung zu werten. Bedenkt man aber, daß der Randwulst häufig als typische arthrotische Veränderung in Begleitung umfangreicher Knorpelschäden angesehen wird (RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982), ist es auffallend, daß lediglich etwa in der Hälfte dieser Fälle schwerwiegende pathologisch-anatomische Veränderungen vorgefunden wurden (Abb. 31, 33). Ebenso häufig korreliert die Randwulstbildung nach unseren Ergebnissen mit geringgradigen makroskopischen Veränderungen der beteiligten Gelenkflächen und sogar in einigen Fällen mit unveränderten Gelenkflächen. Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die als "geringgradig" bezeichneten Knorpelalterationen zum größten Teil aus Rötungen, Rauigkeiten und Knorpelproliferationen bestanden, während Substanzverluste wie Verschmälerung der Gelenkknorpelschicht und oberflächliche Defekte seltener vorkamen. Die korrespondierenden Gelenkflächen von Fesselgelenk bzw. Krongelenk wiesen prin-



- : röntgenologisch verändert
 : pathologisch-anatomisch verändert
 1 : geringgradig
 2 : schwerwiegend

Abb. 30: Pathologisch-anatomische Veränderungen der Gelenkflächen Mc und Fp in Korrelation zu Röntgenbefunden der Gleichbeine

Abb. 31: Pathologisch-anatomische Veränderungen der
Gelenkflächen Fp und Mc in Korrelation zu
Röntgenbefunden des proximalen Fesselbeins



: röntgenologisch verändert



: pathologisch-anatomisch verändert

1 : geringgradig

2 : schwerwiegend

Hakenbildg.dors. Gelenkrand

Fp

Mc

Hakenbildg. seitl. Gelenkrand

Fp

Mc

Porosierung dors. Gelenkrand

Fp

Mc

Porosierung seitl. Gelenkrand

Fp

Mc

Porosierung der Bandhöcker

Fp

Mc

Verminderung der Spongiosaverd.

Fp

Mc

Verstärkung der Spongiosaverd.

Fp

Mc

verwaschene Spondiosazeichnung

Fp

Mc

Verstärkung der Gelenklinie

Fp

Mc

Unterbrechung der Gelenklinie

Fp

Mc

Unsauberkeit d. Gelenkspalts

Fp

Mc

Auflagerungen dorsal

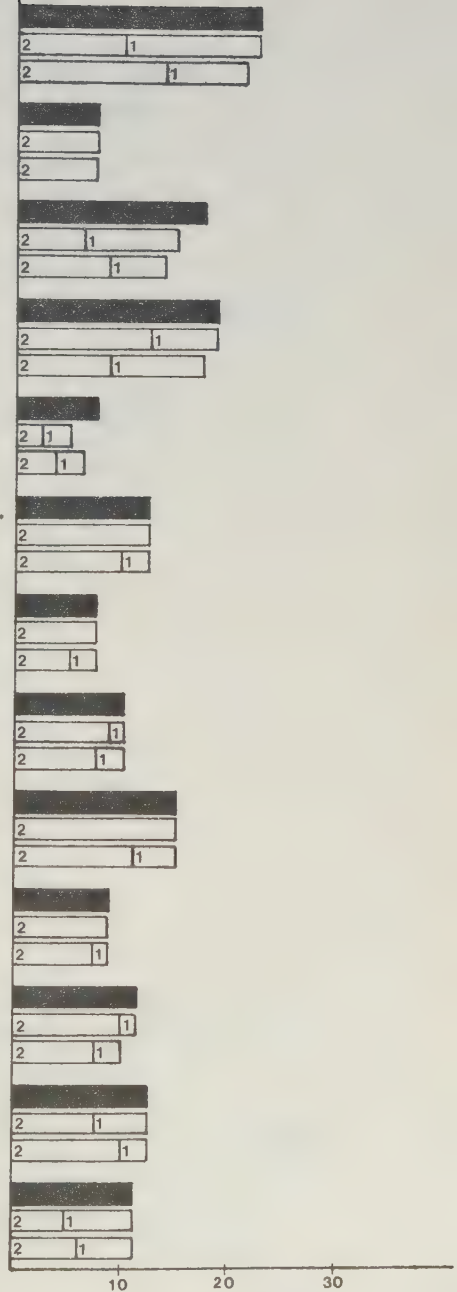
Fp

Mc

Insertion Strecksehnen poros.

Fp

Mc



veränderte Gelenkflächen in %

Abb. 32: Pathologisch-anatomische Veränderungen der
Gelenkflächen Fd und Kp in Korrelation zu
Röntgenbefunden des distalen Fesselbeins



: röntgenologisch verändert



: pathologisch-anatomisch verändert

1 : geringgradig

2 : schwerwiegend

Hakenbildg. dors. Gelenkrand
Fd
Kp

Hakenbildg. seitl. Gelenkrand
Fd
Kp

Porosierung dors. Gelenkrand
Fd
Kp

Auftreibung d. Bandhöcker
Fd
Kp

Porosierung d. Bandhöcker
Fd
Kp

Verminderung d. Spongiosaverd.
Fd
Kp

verwaschene Spongiosazeichnung
Fd
Kp

Aufhellungen in Kondylen
Fd
Kp

kleine Gefäßlöcher
Fd
Kp

Verstärkung der Gelenklinie
Fd
Kp

Unterbrechung der Gelenklinie
Fd
Kp

Unsauberkeit d. Gelenkspalts
Fd
Kp

Auflagerungen dorsal
Fd
Kp

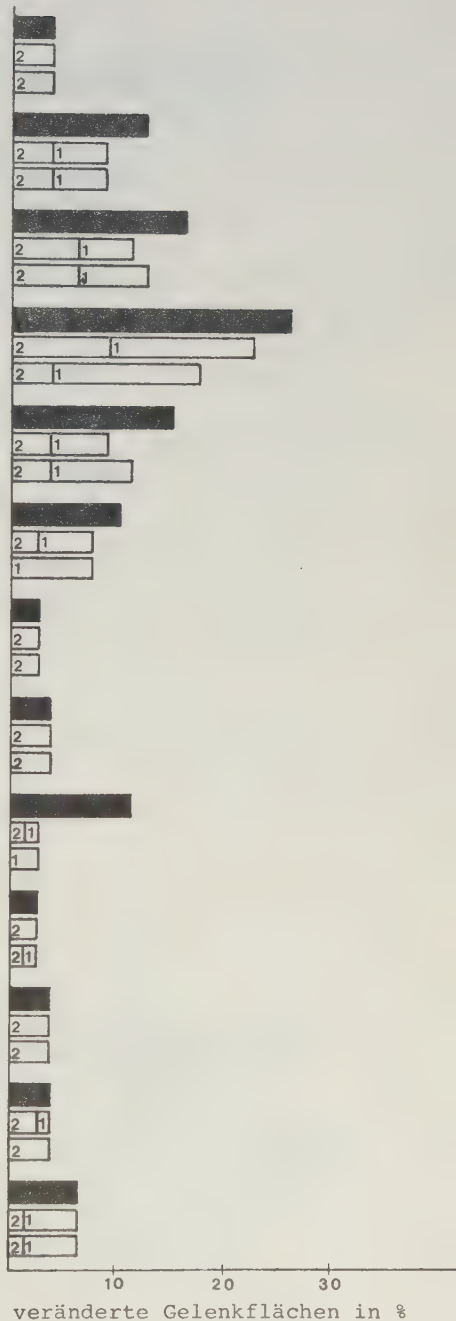


Abb. 33: Pathologisch-anatomische Veränderungen der
Gelenkflächen Kp und Fd in Korrelation zu
Röntgenbefunden des proximalen Kronbeins



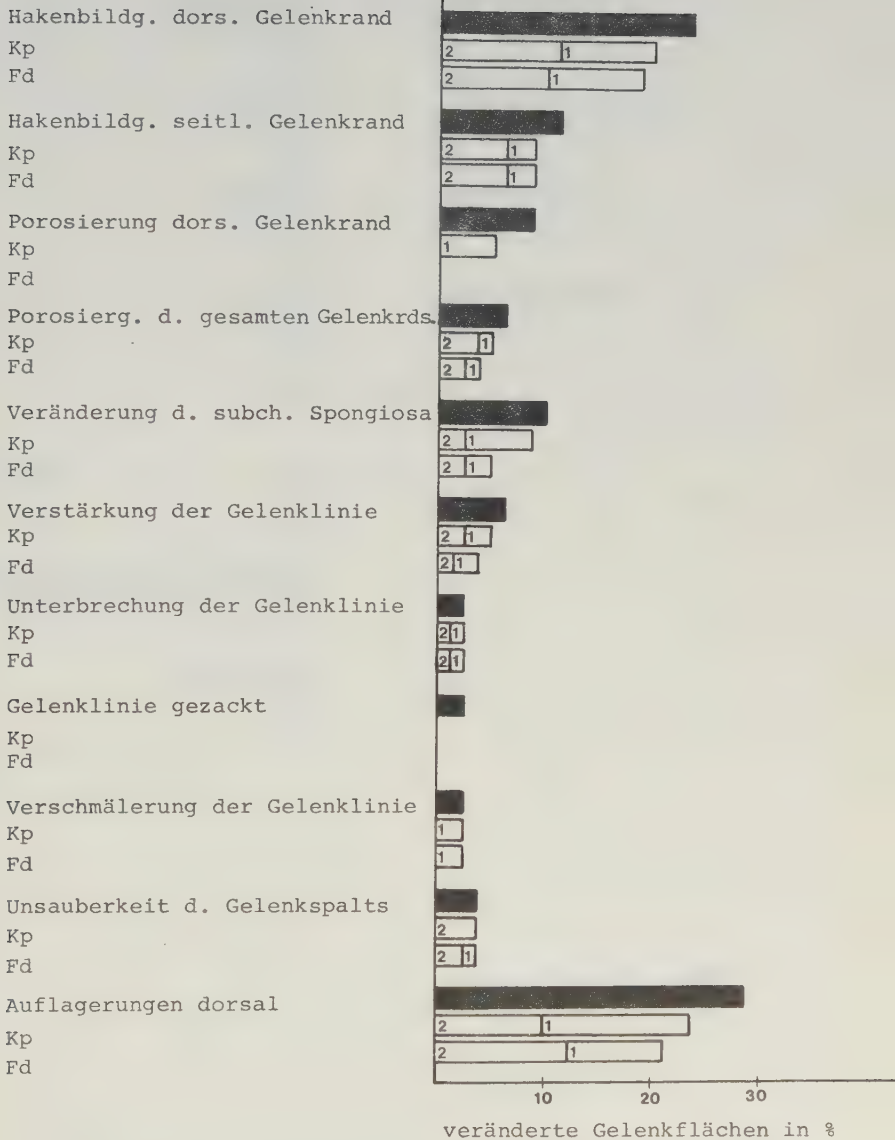
: röntgenologisch verändert

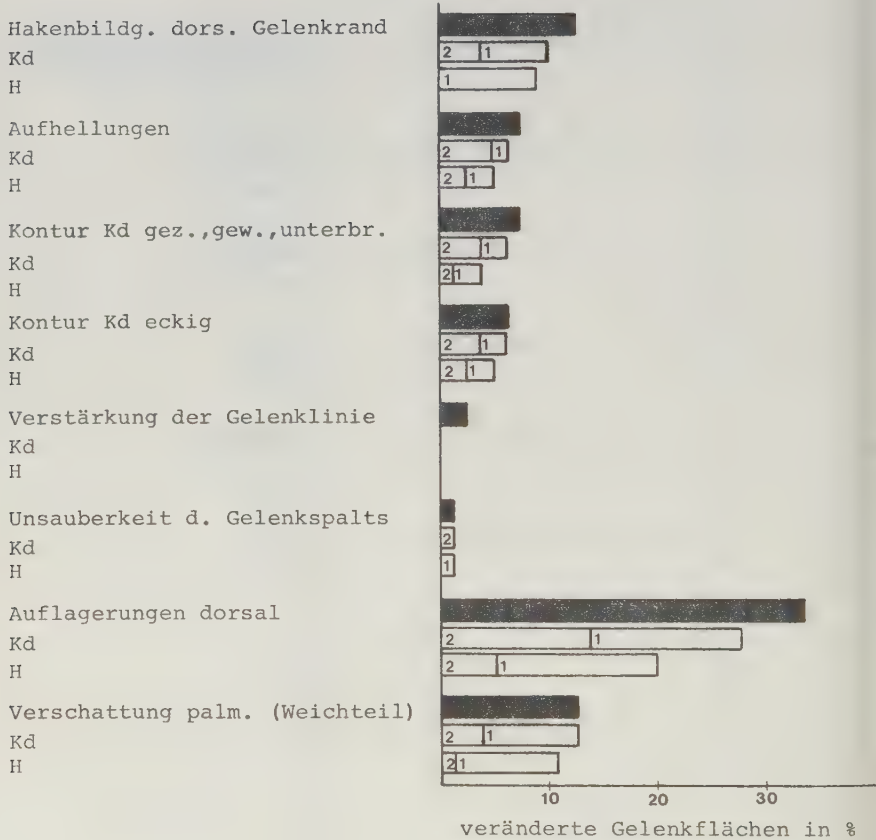


: pathologisch-anatomisch verändert

1 : geringgradig

2 : schwerwiegend





■ : röntgenologisch verändert
 □ : pathologisch-anatomisch verändert
 1 : geringgradig
 2 : schwerwiegend

Abb. 34: Pathologisch-anatomische Veränderungen der Gelenkflächen Kd und H in Korrelation zu Röntgenbefunden des distalen Kronbeins

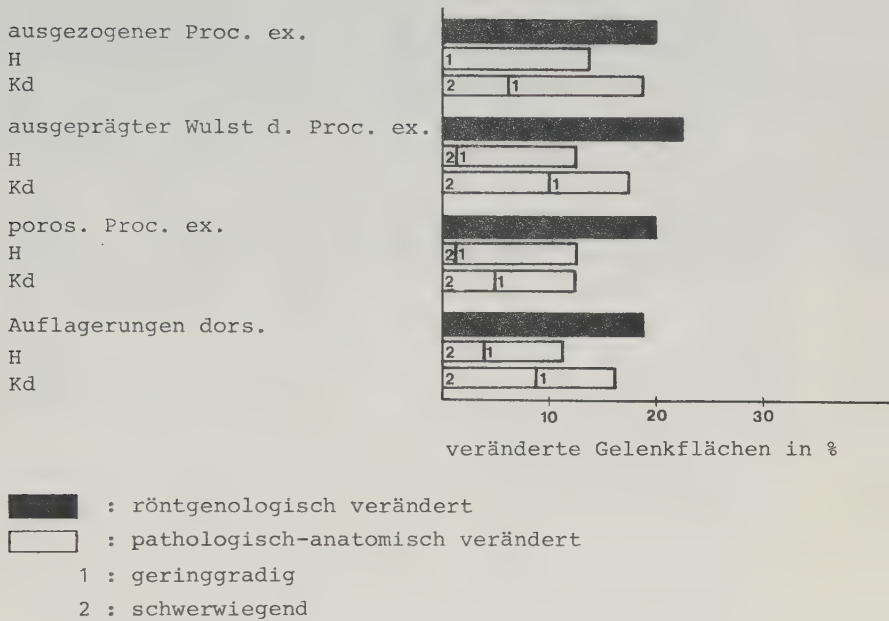


Abb. 35: Pathologisch-anatomische Veränderungen der Gelenkflächen H und Kd in Korrelation zu Röntgenbefunden des Hufbeins

ziell ähnliche Korrelationen zu dem Röntgenbefund "Randwulstbildung am proximalen Fesselbein bzw. Kronbein" auf, während die distale Gelenkfläche des Kronbeins in Relation zu den Röntgenbefunden des Hufbeins wesentlich häufiger makroskopische Veränderungen aufwies als die Hufbeingelenkfläche selbst.

Ein ausgezogener Processus extensorius, der in der Röntgendiagnostik oft als Merkmal für Hufgelenkarthrosen gilt, ist beispielsweise in unserem Material zu einem Drittel bei makroskopisch nicht veränderten Gelenkflächen beobachtet worden (Abb. 35). Die korrespondierende Gelenkfläche des Kronbeins wies in den meisten dieser Fälle geringgradige Veränderungen auf.

Auch Randwülste an den distalen Gelenkflächen von Fesselbein und Kronbein, denen in der Diagnostik meist eine geringere Beachtung als denen der proximalen Gelenkflächen zukommt, waren in unserem Material mit geringgradigen und schwerwiegenden pathologisch-anatomischen Veränderungen verknüpft und sind wohl auch als röntgenologische Korrelate für degenerative Gelenkknorpelschäden anzusehen (Abb. 32, 34).

Randwülste wurden ebenfalls an den seitlichen Gelenkrändern von proximalem Kronbein und proximalem und distalem Fesselbein beobachtet.

Dieser Röntgenbefund wurde zwar nur bei einer recht kleinen Zahl von Fällen erhoben (6 x Fp, 10 x Fd, 9 x Kp), weist jedoch im Vergleich zum dorsalen Randwulst des proximalen Kron- und Fesselbeins eine deutlich höhere Korrelation zu makroskopisch schwerwiegend veränderten Gelenkflächen auf.

Im Gegensatz dazu wurde ein dorsaler Randwulst des distalen Fesselbeins ausschließlich in Gelenken mit schwerwiegenden Gelenkknorpelalterationen beobachtet.

Corpora libera gehören ebenfalls zu den röntgenologisch gut zu erfassenden Befunden der Arthropathia deformans. Sie wur-

den in unseren Untersuchungen in erster Linie in Fesselgelenken, aber auch in Hufgelenken festgestellt. Acht Fesselgelenke zeigten ein Corpus liberum am dorsalen Gelenkrand des Fesselbeins, und bei einem Fesselgelenk lag der freie Körper am palmaren Gelenkrand, distal der Gleichbeine.

In zwei Hufgelenken stellte sich röntgenologisch ein freier Körper im proximalen dorsalen Bereich des Processus extensorius dar, der in beiden Fällen rund war, einmal linsen- und einmal hirsekorngroß.

Bei Eröffnung der Fesselgelenke konnten in 6 der 8 Gelenke mit einem freien Körper am dorsalen Gelenkrand lediglich knorpelige Randwülste oder rundliche Knorpelzubildungen am dorsalen Gelenkrand nachgewiesen werden, während in einem Fall der freie Körper auch makroskopisch als solcher angetroffen wurde. Dieser freie Körper befand sich in der gleichen Lokalisation wie die rundlichen Knorpelzubildungen, nämlich am dorsalen Rand der Gelenkfläche des proximalen Fesselbeins neben der Sagittalrinne.

In dem Fesselgelenk, bei dem auf der seitlichen Röntgenaufnahme ein Corpus liberum am palmaren Gelenkrand erkennbar war, konnte kein freies Knorpelteilchen in der Gelenkhöhle gefunden werden, ebenso wie bei einem Fesselgelenk mit dorsal gelegenem freien Körper weder Randwulst noch freies Knorpelstück makroskopisch erkennbar waren. Es ist möglich, daß es sich hierbei um verkalkte Knorpelkörper in der Synovialis handelte oder aber diese freien Körper trotz eingehender Untersuchung nicht entdeckt wurden. Für letztere Vermutung könnte der etwa senfkorngroße, tiefe Knorpeldefekt am palmaren Rand des Fesselbeins sprechen, der in dem Fesselgelenk mit freiem Körper am palmaren Gelenkrand festgestellt wurde.

Beide als "freie Körper" des Hufgelenks angesprochene Veränderungen waren rundliche Vorwölbungen auf der Dorsalfläche des Processus extensorius in dessen proximalen Anteil und fest mit der Unterlage verbunden.

Die Fesselgelenke mit röntgenologisch dargestelltem "freiem Körper" zeigten zu drei Vierteln mittelgradige und tiefe

Defekte und zu einem Viertel geringgradige Veränderungen auf den Gelenkflächen von Fesselbein und Metacarpus, während die Hufgelenke mit diesem Befund in einem Fall nicht und im anderen Fall makroskopisch schwerwiegend verändert waren.

Zumindest für das Fesselgelenk besteht also für den Röntgenbefund "Corpus liberum" ein deutlicher Zusammenhang zu pathologisch-anatomischen Veränderungen der Gelenkfläche, während für das Hufgelenk wegen der kleinen Zahl von Fällen von uns hierzu keine Aussagen getroffen werden können.

Beachtenswert ist aber die Tatsache, daß bei dem größten Anteil der Fesselgelenke in unserem Material offensichtlich umschriebene Verkalkungen innerhalb des dorsalen Randwulstes der proximalen Fesselbeingelenkfläche den Eindruck eines freiliegenden Körpers auf den Röntgenaufnahmen erzeugten.

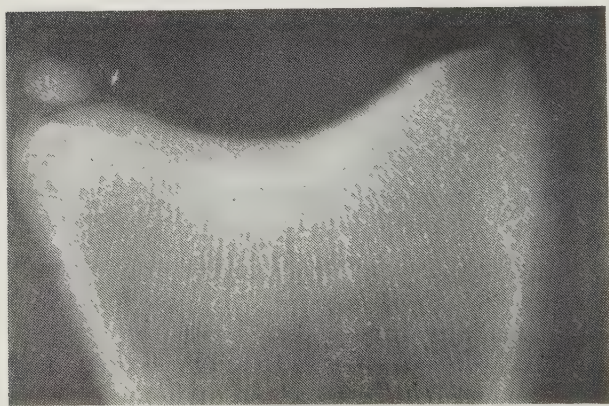


Abb. 36 : Auf dieser Röntgenstrukturaufnahme, wie auch auf der Röntgenaufnahme des Gelenks, ist ein "Corpus liberum" am dorsalen Gelenkrand des proximalen Fesselbeins erkennbar. Es ist auf dem Foto zu sehen, daß die hier dunkelgrau dargestellte Gelenkknorpelschicht ohne Unterbrechung auch die Verschattung, den "freien Körper" umschließt. Makroskopisch handelte es sich hierbei um einen knorpeligen Randwulst.

Die Corpora libera auf den Röntgenaufnahmen dieser Fesselgelenke ähnelten sich in Form und Lage, sie waren rundlich-oval, meist von glatter Randkontur und unmittelbar proximal des dorsalen Gelenkrandes des Fesselbeins lokalisiert (vgl. Abb. 36).

Hier wäre sicherlich eine Untersuchung an einem größeren Kollektiv interessant, in der eventuell die zu vermutenden röntgen-morphologischen Unterschiede der "freien Gelenkörper" in Beziehung zu makroskopischen Alterationen herausgearbeitet werden könnten.

Für den behandelnden Tierarzt, der einen chirurgischen Eingriff erwägt, ist es wichtig zu wissen, daß "Corpora libera" auf dem Röntgenbild nicht unbedingt f r e i e Körper sind.

Für Porosierungen der dorsalen bzw. seitlichen Gelenkränder wurden je nach Gelenk unterschiedliche Beziehungen zu pathologisch-anatomischen Veränderungen der entsprechenden Gelenkflächen festgestellt.

Bei Porosierungen der proximalen Fesselbeingelenkränder, besonders der seitlichen Ränder, wurden in allen Fällen auf den entsprechenden Gelenkflächen des Fesselbeins und des Metacarpus' Veränderungen festgestellt, die mindestens zur Hälfte als schwerwiegend verändert bezeichnet wurden, während dieser Röntgenbefund der distalen Gelenkfläche des Fesselbeins lediglich zu zwei Dritteln mit Veränderungen der Gelenkflächen von distalem Fesselbein und proximalem Kronbein einherging.

Dagegen scheinen Porosierungen des dorsalen proximalen Kronbeinrandes weniger Informationsgehalt für Krongelenkschäden zu besitzen, denn nur in zwei Dritteln der Fälle wurden geringgradige Veränderungen der proximalen Kronbeingelenkfläche beobachtet, und alle entsprechenden distalen Fesselbeingelenkflächen waren ohne pathologisch-anatomische Veränderungen. Zeigten sich bei der Röntgenuntersuchung jedoch Porosierungen der seitlichen Gelenkränder des proximalen Kronbeins, wurden in etwa der Hälfte der Fälle auf beiden

Krongelenkflächen schwerwiegende makroskopische Veränderungen festgestellt. Auch bei Porosierungen der seitlichen Gelenkränder des proximalen Fesselbeins wurden häufiger schwerwiegend veränderte Gelenkflächen beobachtet als bei Porosierungen des dorsalen Gelenkran- des.

Hufgelenke mit einem porosierten Processus extensorius waren zu über einem Drittel ohne makroskopische Veränderungen, also noch häufiger als bei einem ausgezogenen Processus extensorius, und nur sehr selten von schwerwiegenden Gelenkknorpelalterationen betroffen.

Die Röntgenbefunde "Rauhigkeiten und Auflagerungen des dorsalen Randes der Metacarpusgelenkfläche", am dorsalen Abschnitt von Sagittalkamm und Kondylen, sollen hier im Zusammenhang mit röntgenologischen Veränderungen dorsaler Gelenkränder besprochen werden.

Beide Veränderungen traten zu zwei Dritteln bei schwerwiegend makroskopisch veränderten Gelenkflächen des Metacarpus auf, wobei meistens auch die gegenüberliegende Gelenkfläche des Fesselbeins ähnliche Veränderungen aufwies.

Auflagerung auf Sagittalkamm und Kondylen zeigten diese Korrelationen besonders deutlich. Sie sind eindeutig zu erhebende Röntgenbefunde und bieten sich als Indikatoren für Veränderungen des Fesselgelenks an.

Allerdings muß man bei der Interpretation dieser Beziehung, wie bei allen Röntgenbefunden des Fesselgelenks, berücksichtigen, daß nur ein geringer Teil der untersuchten Fesselgelenke frei von pathologisch-anatomischen Veränderungen war, während über die Hälfte der beteiligten Gelenkflächen von schwerwiegenden Veränderungen des Gelenkknorpels betroffen war (Tab. 1).

Die seltener zu beobachtenden Auftreibungen bzw. Porosierungen der Bandhöcker des Fesselbeins wurden in den Vergleich mit makroskopischen Befunden einbezogen. Porosierungen der proximalen und distalen Bandhöcker waren in über der Hälfte der Fälle mit Veränderungen der Gelenkflächen ver-

knüpft und sind in ihrem Aussagewert dem Röntgenbefund "Porosierung des dorsalen Gelenkrandes des proximalen Fesselbeins" vergleichbar. Aufgetriebene distale Bandhöcker des Fesselbeins wurden bei einem Viertel der Extremitäten beobachtet, von denen über drei Viertel Veränderungen der distalen Fesselbeingelenkfläche aufwiesen. Bei diesem Befund handelt es sich wohl um einen spezifischen Indikator für Veränderungen der Gelenkfläche des distalen Fesselbeins, denn Veränderungen der korrespondierenden Gelenkfläche des Kronbeins waren wesentlich seltener mit diesem Röntgenbefund kombiniert. Diese Vermutung wird durch die Tatsache unterstrichen, daß die Gelenkflächen des proximalen Kronbeins insgesamt häufiger pathologisch-anatomische Veränderungen als die Gelenkfläche des distalen Fesselbeins aufwiesen (Tab. 1).

Knöcherne Auflagerungen werden von vielen Untersuchern als Indikator für degenerative Gelenkerkrankungen angeführt (O'BRIEN, 1977; O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER, 1981; TROTTER et al., 1982). Diese Beobachtung können wir bei unserem Material insbesondere für das proximale Fesselbein, mit der genannten Einschränkung für das Fesselgelenk, bestätigen, während distale Fesselbeingelenkflächen mit diesem Röntgenbefund überwiegend geringgradige makroskopische Veränderungen aufwiesen.

In proximalen und distalen Kronbeinabschnitten waren Auflagerungen häufig zu finden, wurden jedoch auch bei Gelenkflächen ohne makroskopische Veränderungen beobachtet (Abb. 33, 34). Dieses Ergebnis ist insoweit zu relativieren, als es schwierig sein kann, echte periostale Auflagerungen von natürlichen Rauigkeiten des Kronbeins zu unterscheiden, wenn die Extremität nicht genau seitlich getroffen wird. Leichte Verkantungen können also zu Fehlinterpretationen führen (MÜNZER, 1982), die wir jedoch in Kenntnis dieser Tatsache, versucht haben zu vermeiden.

Knöcherne Auflagerungen auf den dorsalen Hufbeinab-

schnitten sind dagegen eindeutig zu befunden; sie wurden ebenfalls auch bei Gelenken ohne makroskopische Veränderungen festgestellt. Diesem Röntgenbefund scheint jedoch von den röntgenologischen Veränderungen des Hufbeins die größte Aussagekraft zuzukommen, denn der Anteil hierdurch erfaßbarer schwerwiegend veränderter Hufbeingelenkflächen ist relativ hoch (Abb. 35).

Es fällt auf, daß hier, wie übrigens bei allen Röntgenbefunden des Hufbeins, bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung häufiger Veränderungen des Kronbeins als des Hufbeins gefunden wurden. Dies trifft auch auf Röntgenbefunde des distalen Kronbeins zu, ist dann allerdings nicht so deutlich ausgeprägt wie bei den röntgenologischen Hufbeinveränderungen.

Auflagerungen auf der Palmarseite des distalen Kronbeins, proximal des Strahlbeins, korrelierten dagegen in allen Fällen mit makroskopischen Veränderungen der Gelenkfläche des distalen Kronbeins und zu drei Vierteln mit makroskopischen Veränderungen des Hufbeins.

Allgemein verbindliche Rückschlüsse lassen sich aus den von uns vorgefundenen geringen Korrelationen zu pathologisch-anatomischen Veränderungen der meisten dieser Röntgenbefunde kaum ziehen, da in unserem Material nicht immer so stark ausgeprägte Zubildungen beobachtet wurden, wie sie auf Abbildungen in oben genannten Lehrbüchern und Publikationen zu erkennen sind. Allerdings zeigte sich in unseren Untersuchungen, daß z.B. keine Korrelationen zwischen dem Ausmaß röntgenologisch dargestellter Auflagerungen auf dem dorsalen distalen Abschnitt des Kronbeins und der Schwere der pathologisch-anatomischen Veränderungen der distalen Kronbeingelenkfläche bestanden.

Eine weitere röntgenologische Veränderung, die üblicherweise in der Röntgendiagnostik keine Beachtung findet, ist die deutliche Ausprägung des Wulstes der Hufbeinkappe. Dieser Wulst ist immer vorhanden, war jedoch bei einem Viertel der Extremitäten unserer Untersuchungsreihe so deutlich

ausgeprägt, daß überprüft werden sollte, inwieweit dieser Röntgenbefund mit pathologisch-anatomischen Veränderungen einherging. Dabei stellten sich ganz ähnliche Beziehungen wie bei den anderen Röntgenbefunden des Hufbeins heraus, lediglich knöcherne Auflagerungen waren häufiger mit schwerwiegenden Veränderungen verknüpft (vgl. Abb. 35).

In den letzten Jahren wurden mehrere Untersuchungen über palmar gelegene Knorpelläsionen des distalen Metacarpus veröffentlicht, die bevorzugt bei Rennpferden auftreten und zum Teil mit subchondralen Knochenläsionen im Bereich des Transversalkamms einhergehen (O'BRIEN, 1977; HORNOF, O'BRIEN u. POOL, 1981; O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER, 1981; McILWRAITH, 1982b). Diese auch als gullwing-arthritis bezeichnete Erkrankung ist in einigen Fällen röntgenologisch durch die palmar im Metacarpus lokalisierten Aufhellungen zu identifizieren und wurde in ihrem makroskopischen Bild schon 1969 von ROONEY (1969) beschrieben. Wie von der Arbeitsgruppe HORNOF und O'BRIEN betont wird, ist der röntgenologische Nachweis derartiger Veränderungen problematisch; eine Beobachtung, die O'BRIEN 1977 als alarmierend empfand, und die den Impuls zur Entwicklung einer neuen Projektion, der bereits erläuterten 125° DPMS Projektion (HORNOF u. O'BRIEN, 1980) gab. Die Darstellungsgrenze für diese Veränderung kann jedoch auch mit dieser Projektion nicht herabgesetzt werden.

Als ein weiteres Anzeichen für die gullwing-arthritis des Metacarpus ist nach Meinung einiger der genannten Autoren die Abflachung der palmaren Kondylenkontur zu werten. So äußert O'BRIEN 1977 als erster die Vermutung, daß dieser Röntgenbefund mit ausgedehnten Gelenkknorpelschäden und subchondralen Läsionen einhergeht. In einer später erschienenen Arbeit werden 21 Pferde mit gullwing-arthritis vorgestellt, von denen nur einige eine Abflachung der Kondylen (palmar) aufwiesen (O'BRIEN, HORNOF u. MEAGHER, 1981).

Von HORNOF, O'BRIEN und POOL (1981) werden die Fesselgelenke von zwei Pferden mit ausgedehnten subchondralen Läsionen des palmaren distalen Metacarpus mit solchen klinisch gesunder Rennpferde röntgenologisch und pathologisch-anatomisch verglichen. Sie beobachteten eine Abflachung der Kondylenkontur jedoch nur bei einem Pferd, und zwar bei einem klinisch gesunden Tier.

Wir haben auf Grund dieser Mitteilungen diesen Röntgenbefund in unsere Untersuchungen einbezogen. Wir sind der Ansicht, daß die Beurteilung einer tatsächlichen Abflachung des Metacarpus nur auf streng seitlich getroffenen Aufnahmen erfolgen kann, da geringe Verkantungen des Fesselgelenks und des Metacarpus fast immer den Eindruck einer Abflachung dieser Zone erzeugen. Da der mediale und der laterale Kondylus sich dann nicht mehr genau übereinander projizieren, überschneiden sich ihre Konturen fast immer im palmaren Bereich, so daß die Rundung jedes einzelnen Kondylus nicht mehr zu erkennen ist und der Eindruck einer Abplattung entsteht, wie Abbildung 37 zeigt.

Zahlreiche daraufhin betrachtete Fesselgelenksaufnahmen aus der Routinediagnostik der Klinik haben uns in dieser Meinung bestätigt, und wir haben demnach eine Abflachung der Palmarkontur ausschließlich an genau seitlich getroffenen Fesselgelenken befundet. Dennoch war die Beurteilung dieser Veränderung mit einer hohen Fehlerquote behaftet. Nur etwa die Hälfte der Fälle mit diesem Röntgenbefund wurde durch Röntgenstrukturaufnahmen bestätigt.

Von den Extremitäten der Serienuntersuchung wiesen 14 Metacarpi diese Veränderung auf, von denen makroskopisch 10 Gelenkflächen schwerwiegend, 3 geringgradig und eine Gelenkfläche nicht verändert waren. Nur bei 5 dieser Gelenkflächen fanden sich die Knorpelschäden im Bereich des Transversalkamms, während 9 Gelenkflächen Defekte im Schnittpunkt von Sagittal- und Transversalkamm aufwiesen. Ruft man sich die prozentuale Verteilung der makroskopischen Veränderungen des distalen Metacarpus in unserem Material in Erinnerung (etwa 60% schwerwiegend, 30% geringgradig und 10% nicht verändert,



Abb. 37 : Durch geringe Verkantung des distalen Metacarpus entsteht der Eindruck einer Abplattung der palmaren Kondylenkontur (Pfeil).

s. Tab. 1), so fällt auf, daß die mit dem Röntgenbefund "Abflachung der Kondylenkontur" korrelierenden pathologisch-anatomischen Veränderungen fast genau dieser Verteilung entsprechen. Da es sich um eine kleine Anzahl von Fällen handelt, können keine allgemeingültigen Schlüsse aus diesem Ergebnis gezogen werden. Wir sind jedoch auf Grund unserer Beobachtungen der Meinung, daß eine Abflachung der palmaren Kondylenkontur des Metacarpus als aussagekräftiger Röntgenbefund für schwere Knorpelalterationen zumindest in Frage gestellt werden muß. Auch die Tatsache, daß es sich bei den von einigen Autoren veröffentlichten Röntgenaufnahmen mit Abflachung der Kondylen (O'BRIEN, 1977; McILWRAITH, 1982b) um verkantete seitliche Aufnahmen handelt, bekräftigte unsere Zweifel an der Relevanz dieser röntgenologischen Veränderung.

Da die Verteilung der makroskopischen Untersuchungsergebnisse der Gelenkflächen mit diesem Röntgenbefund fast der prozentualen Verteilung makroskopischer Veränderungen (Mc) in unserem gesamten Untersuchungsmaterial gleichkommt, neigen wir eher zu der Annahme, daß es sich um eine als physiologische Normvariante zu bezeichnende Veränderung handelt. Es wäre interessant, wenn dieser Röntgenbefund an einem größeren Kollektiv überprüft werden könnte.

Im Hinblick auf die Lokalisation ist die bei einigen Extremitäten auf seitlichen Röntgenaufnahmen festgestellte kleine knöcherne Spitze des distalen Metacarpus eng mit der oben beschriebenen Veränderung verknüpft. Sie ist nach STEDE, PREUSS und STEDE (1977) die knöcherne Grundlage des Transversalkamms und liegt etwa in der Mitte der Kondylen. Da sie nicht bei allen Gelenkflächen auf den Röntgenstrukturaufnahmen zu erkennen war, sollte auch hier die Beziehung zu pathologisch-anatomischen Veränderungen hergestellt werden (Abb. 29). Wenn man die Häufigkeit von Gelenkknorpelschäden auf der Gelenkfläche des distalen Metacarpus bedenkt, zeigen die Ergebnisse keine auffälligen Korrelationen zu pathologisch-anatomischen Veränderungen. Anscheinend hat

dieser röntgenologisch erfaßbare Befund keinen besonderen Aussagewert für den Zustand der Gelenke.

Nach Ansicht der Autoren O'BRIEN, HORNOF und MEAGHER (1981) sind periartikuläre Osteophyten an der Basis der Gleichbeine ebenfalls als Hinweis auf Läsionen im palmaren Anteil des Metacarpus zu werten. Sie beobachteten diesen Röntgenbefund bei 14 von 21 Pferden mit gullwing-arthritis, wobei ihren Mitteilungen zufolge die Osteophytengröße der Ausdehnung der subchondralen Defekte direkt proportional war.

Wir haben deshalb in unseren Untersuchungen röntgenologische Veränderungen der Gleichbeine auf ihre Korrelation zu pathologisch-anatomischen Befunden des Metacarpus und auch des Fesselbeins überprüft. Knöcherne Auflagerungen an der Basis der Gleichbeine von unterschiedlicher Größe wurden bei acht Extremitäten festgestellt, von denen fünf schwerwiegende, eine geringgradige und zwei keine Veränderungen der Metacarpusgelenkfläche aufwiesen. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß die in der Literatur genannten Osteophyten dieser Lokalisation in der Regel mittelgradig bis stark ausgeprägt waren. In unserem Material handelte es sich nur in drei Fällen um starke Osteophytenbildung - legt man eine Einteilung in gering, mittelgradig und stark zugrunde - von denen zwei Gelenke tiefe Defekte im gesamten Bereich des Transversalkamms beider Kondylen aufwiesen. Eine abschließende Beurteilung kann hier wegen der graduellen Unterschiede der von uns beobachteten und in der Literatur genannten basilären Osteophyten nicht erfolgen.

Andere Veränderungen der basilären Gleichbeinkontur, wie ein gewellter oder gezackter Verlauf, korrelierten in unserem Material ebenfalls mit Veränderungen der Metacarpus- und Fesselbeingelenkflächen (Abb. 30). Auffällig ist hier, daß die Gelenkflächen des Fesselbeins häufiger schwerwiegende Veränderungen zeigten als die des distalen Metacarpus, nämlich bei nahezu drei Vierteln der Gelenke mit diesen Röntgenbefunden. Da dieser Anteil deutlich höher ist als der prozentuale Anteil schwerwiegend veränderter Gelenkflächen

an der Gesamtheit der untersuchten Gelenkflächen Fp (55%), sollten unserer Ansicht nach röntgenologische Abweichungen von einer glatten und gleichmäßigen basilären Gleichbeinkontur mit in die Röntgendiagnostik des Fesselgelenks aufgenommen werden. Dagegen scheint eine röntgenologisch feststellbare Knochenzubildung in diesem Bereich lediglich dann einen Informationswert zu besitzen, wenn sie ausgeprägt ist. Dies müßte noch an einem größeren Kollektiv untersucht werden.

Eine Formabweichung der Gelenkflächenkontur haben wir auch bei einigen distalen Kronbeinen festgestellt (11 Extremitäten). In etwa der Hälfte der Fälle war auf den a.-p. Aufnahmen eine Abplattung der Kondylenkontur zu erkennen, so daß der Eindruck einer sehr kantigen Gelenkfläche entstand. In den anderen Fällen zeigte die Kronbeinkontur einen gezackten oder gewellten Verlauf im Bereich der stärksten Vorwölbung der Kondylen. Lediglich bei den Extremitäten mit einer eckig wirkenden Gelenkfläche (Abb. 20, S. 137) besteht ein eindeutiger Zusammenhang zu pathologisch-anatomischen Veränderungen: alle fünf Gelenkflächen hatten Veränderungen, wobei drei schwerwiegend und zwei geringgradig verändert waren (Abb. 34). Die korrespondierenden Gelenkflächen des Hufbeins wiesen ähnliche Läsionen auf. Dieser Röntgenbefund wurde zwar nur bei einer geringen Anzahl von Gelenken beobachtet, scheint aber, wenn man einmal den Vergleich zu Korrelationen anderer Röntgenbefunde herstellt, eine ähnliche Aussagekraft wie z.B. ein dorsaler Randwulst des proximalen Fesselbeins zu haben.

Ein weiterer Röntgenbefund, der auch in der Routinediagnostik der Klinik häufig vermerkt wird, sind Gefäßblöcher im Fesselbein, die sich meist als etwa stecknadelkopfgroße, scharf begrenzte Aufhellungen in unmittelbarer Nähe der Gelenklinie auf den a.-p. Röntgenaufnahmen darstellen. Von neun distalen Fesselbeingelenkflächen, die dieses Röntgenbild zeigten,

wiesen nur zwei Fälle pathologisch-anatomische Veränderungen auf, wie übrigens auch die gegenüberliegende Gelenkfläche des Kronbeins. Anders ausgedrückt: mehr als drei Viertel der Gelenkflächen Fd mit deutlich sichtbaren Gefäßlöchern waren ohne makroskopische Veränderungen. Dieses Ergebnis unterscheidet sich deutlich von den für andere Röntgenbefunde aufgestellten Beziehungen und deutet darauf hin, daß dieser Röntgenbefund eher als ein Anzeichen für eine intakte Gelenkfläche gewertet werden kann.

Die Beurteilung dieser Röntgenbefunde ist zu überprüfen, denn es ist zunächst überraschend, daß sich die Korrelation dieses Röntgenbefundes zu pathologisch-anatomischen Veränderungen der distalen Gelenkflächen des Fesselbeins derartig klar von der für Gefäßlöcher des proximalen Fesselbeins unterscheidet. Alle vier Fesselgelenke mit diesem Röntgenbefund hatten auf beiden Gelenkflächen schwerwiegende makroskopische Veränderungen. Man muß natürlich bedenken, daß die proximalen Fesselbeingelenkflächen unserer Untersuchung zu etwa 55% schwerwiegende Veränderungen aufwiesen, während die distalen Gelenkflächen nur zu etwa 20% schwerwiegend verändert waren und sogar zu 50% keinerlei Gelenkknorpelalterationen hatten. Diese Tatsache läßt die Unterschiede der Korrelationen von Gefäßlöchern auf dem Röntgenbild zu pathologisch-anatomischen Veränderungen weniger krass erscheinen, kann sie aber nicht ganz erklären. Auf Grund des kleinen Zahlenmaterials kann auch hier keine abschließende Beurteilung erfolgen.

Subchondrale Umbauprozesse sind häufig im Verlauf von Gelenkerkrankungen zu beobachten und finden zum Teil Ausdruck im Röntgenbild, wie von WEISS (1968) beschrieben wird: sie sind in der Regel als Hinweis auf ein gestörtes statisches Gleichgewicht an der Knochengrenzlamelle zu verstehen. Bei einer stärkeren Belastung des Gelenks kann die subchondrale Sklerosierung für einen langen Zeitraum als Kompensationsmöglichkeit ausreichen. Im ungünstigeren Fall, wenn z.B. die Diskrepanz zwischen gesteigerter Belastung und Knochenneubil-

zungstendenz größer wird, kann röntgenologisch eine Atrophie der gelenknahen Spongiosa festgestellt werden, die häufig mit einer partiellen Auflösung der Gelenklinie einhergehen kann. WEISS (1968) erwähnt auch, daß in Phasen des Knochenumbaus der betroffene Spongiosaabschnitt nicht mehr scharf konturiert, sondern unregelmäßig-wolkig, verwaschen erscheint. Da die Knochengrenzlamelle den Spongiosabälkchen als Insertionselement dient, sind Veränderungen der subchondralen Spongiosa auf dem Röntgenbild häufig mit Veränderungen der Gelenklinie verbunden. So ist bei der subchondralen Sklerosierung meist auch die Gelenklinie verstärkt und bei einer subchondralen Atrophie die Gelenklinie verschmälert. Einbrüche der Knochengrenzlamelle sind manchmal als Kerben in der Gelenklinie darzustellen (WEISS, 1968). DÄMMRICH, BRASS und SCHEBITZ (1975) weisen darauf hin, daß die Gelenklinie in solchen Fällen auf dem Röntgenbild auch lediglich einen unregelmäßigen, gezackten oder wellenförmigen Verlauf haben kann.

Auf diese Veränderung der gelenknahen Spongiosa und der Gelenklinie weisen Autoren hin, die sich speziell mit der Pathogenese oder dem Röntgenbild degenerativer Gelenkveränderungen auseinandersetzen (MORGAN, 1968; DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ, 1975; O'BRIEN, 1977; HARTUNG, 1982b; MÜNZER, 1982), während die unter klinischen Gesichtspunkten abgefaßten Arbeiten, wie auch die Lehrbücher über Pferdekrankheiten, darauf selten Bezug nehmen (ROONEY, 1969; ADAMS, 1972; GRANT, 1982; RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982; WINTZER, 1982).

Gerade die Bewertung von Röntgenaufnahmen degenerativ erkrankter Gelenke ist beim Pferd problematisch (DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ, 1975; WINTZER, 1976, 1982; KERSJES, 1983). So betont WINTZER (1976, 1982), daß der quantitative Umfang der auf dem Röntgenbild dargestellten arthrotischen Prozesse gewöhnlich nicht bestimmend für den Grad der klinischen Störung ist.

Besonders in Anbetracht dieser Tatsache wäre es unserer Ansicht nach sinnvoll, weitere Veränderungen auf Routinerönt-

genaufnahmen, die also ohne kostspielige und technisch aufwendige Zusatzuntersuchungen als Information bereits im Röntgenbild enthalten sind, auf ihren Aussagegehalt für den Zustand des Gelenks zu überprüfen, so zum Beispiel Veränderungen im Bereich von Spongiosa und Gelenklinie.

Da uns für die Untersuchungen fast ausschließlich Material von Schlachtpferden zur Verfügung stand, deren Vorberichte nicht bekannt waren und die vor der Schlachtung nicht untersucht werden konnten, war es nicht möglich, Vergleiche röntgenologischer Befunde mit dem klinischen Bild durchzuführen. Lediglich aus dem pathologisch-anatomischen Bild kann bekanntermaßen nicht auf Bewegungsstörungen und Schmerzzustände geschlossen werden. Da die einzelnen Extremitäten vor der makroskopischen Untersuchung über unterschiedlich lange Zeiträume eingefroren waren, konnten postmortale Veränderungen der Gelenkkapsel, die auch an frischen Gelenken nicht immer einfach zu beurteilen ist (NILSSON u. OLSSON, 1973), nicht klar von Veränderungen intra vitam abgegrenzt werden. Die pathologisch-anatomische Untersuchung mußte sich deshalb auf die Beurteilung von Veränderungen der Gelenkflächen selbst beschränken, die zwar für die Prägung des röntgenologischen Bildes von großer Bedeutung sind, allerdings keinen Eindruck vom Zustand des gesamten Gelenks vermitteln können.

Da Veränderungen der subchondralen Spongiosa einiger Gelenkflächen auf Routineröntgenaufnahmen gut zu beurteilen sind, haben wir sie in unsere Untersuchungen einbezogen. Wie oben angeführt, wurde von jeder Extremität in jeder gewählten Projektion eine Aufnahme erstellt, die einerseits so wenig belichtet war, daß wenig strahldichte Strukturen erkennbar waren (z.B. Corpora libera und periostale Auflagerungen), andererseits auch die stärker strahlenabsorbierenden Strukturen (z.B. übereinander projizierte Knochenanteile) zu differenzieren waren. Die gewählten Belichtungswerte können demnach nur einen Kompromiß darstellen, der die Beschränkung in sich trägt, die diagnostischen Möglichkeiten der Röntgenuntersuchung nicht ausschöpfen zu können. Dieses

Problem trat besonders da in Erscheinung, wo von den beiden ein Gelenk bildenden Knochen ein Knochen dicker ist, wie beim Fesselgelenk des Metacarpus, oder auf Grund anatomischer Gegebenheiten auf dem Röntgenbild Überlagerungen von verschiedenen Strukturen, Skelettanteilen, Weichteilgeweben oder Hufhorn auftraten (Gleichbeine auf a.-p. Aufnahmen über Metacarpus projiziert, Kronbein, Hufbein). Die innere Knochenstruktur war deshalb nicht in allen Fällen zu beurteilen.

Die Gelenkfläche, die in unserem Material makroskopisch die meisten schwerwiegenden Gelenkknorpelalterationen aufwies, ist der distale Metacarpus, und aus diesem Grund wäre es gerade hier interessant, ob und inwieweit Veränderungen der subchondralen Spongiosa mit bestimmten pathologisch-anatomischen Veränderungen in Verbindung gebracht werden können. Bei normalen Belichtungswerten stellten sich die Spongiosatrabekel auf latero-medialen Röntgenaufnahmen jedoch nicht differenziert genug dar, um eine Aussage über deren Dichte und Zeichnung machen zu können.

Auf den a.-p. Aufnahmen projizierten sich die Gleichbeine über diesen Bereich. Die von uns ergänzend verwendete schräg-a.-p. Projektion war zwar dazu geeignet, den gelenknahen Spongiosabereich mit Einschränkungen "frei" darzustellen; wegen der geometrischen Verzerrung des abgebildeten Objekts erschien die Spongiosazeichnung aber etwas verwaschen und streifig, so daß sie nicht beurteilt werden konnte.

Dagegen konnte die Spongiosa der proximalen Fesselbein-anteile sowohl auf den seitlichen als auch auf den a.-p. Aufnahmen gut beurteilt werden. Da der Knochen sich distal der Gelenkfläche kontinuierlich bis zu den Bandhöckern verzweigt, ist im proximalen, dorsalen Abschnitt wenig Knochengewebe zu durchstrahlen, das sich entsprechend deutlich bei latero-medialen Projektionen auf dem Röntgenfilm abbildet. In diesem Bereich konnte die verwaschene Spongiosazeichnung an Röntgenaufnahmen befundet werden, während Verstärkungen und Verminderungen der subchondralen Spongiosaverdichtung auf latero-medialen und insbesondere anterior-posterior Rönt-

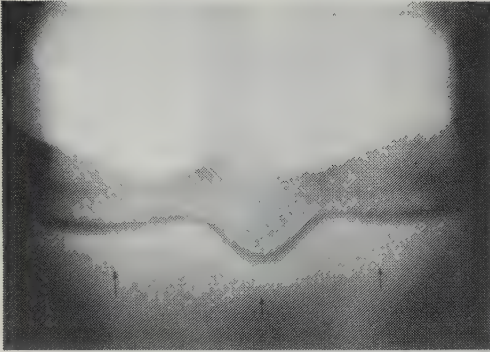


Abb. 38 :
subchondrale Spongiosa-
verdichtungszone in
normaler Breite

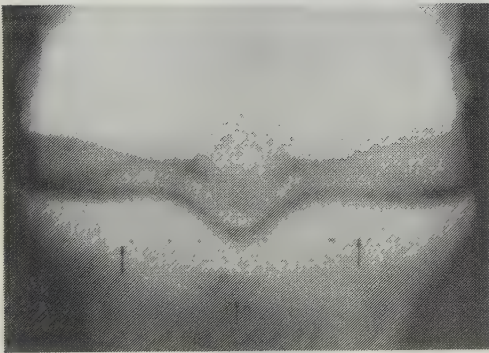


Abb. 39 :
Verstärkung der subchon-
dralen Spongiosaver-
dichtung



Abb. 40 :
Verminderung der sub-
chondralen Spongiosa-
verdichtung



Abb. 41 :
normale Trabekelzeich-
nung im dorsalen,
proximalen Bereich des
Fesselbeins (Pfeile)

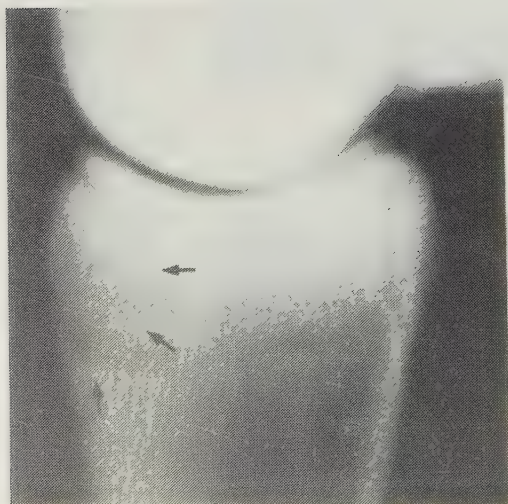


Abb. 42 :
verwaschene, wolkige
Trabekelzeichnung
im dorsalen, proxi-
malen Bereich des
Fesselbeins

genaufnahmen beurteilt wurden. Die Abbildungen 38 bis 42 versuchen, einen Eindruck von diesen sehr feinen Veränderungen zu vermitteln.

Bei 24 Extremitäten wurden Veränderungen der subchondralen Spongiosa des proximalen Fesselbeins beobachtet, die auffallend hohe Korrelationen zu schwerwiegenden pathologisch-anatomischen Veränderungen der proximalen Fesselbeingelenkfläche aufweisen (Abb. 31). Sowohl bei einer Verstärkung (6 Fälle), als auch bei einer Verminderung der Spongiosaverdichtungszone (10 Fälle) wurden in allen Fällen schwerwiegende makroskopische Veränderungen der Gelenkfläche (Fp) gefunden, während von 8 Fällen mit einer verwaschenen Spongiosazeichnung im dorsalen, proximalen Fesselbeinabschnitt 7 Gelenkflächen schwerwiegende und ein Fall geringgradige Veränderungen aufwiesen. Die gegenüberliegende Gelenkfläche des distalen Metacarpus zeigte bei allen diesen Röntgenbefunden seltener schwerwiegende Veränderungen bei der pathologisch-anatomischen Untersuchung, so daß es sich offensichtlich um einen Röntgenbefund handelt, der spezifisch für die Gelenkfläche des proximalen Fesselbeins ist. Diese Beobachtung wird durch die Tatsache unterstrichen, daß die Gelenkfläche des distalen Metacarpus in unserem Untersuchungsmaterial insgesamt häufiger als die des proximalen Fesselbeins makroskopisch schwerwiegend verändert war.

Abgesehen von den theoretisch-röntgenologischen Arbeiten, die auf Spongiosa-Umbauprozesse hinweisen, betont einzig O'BRIEN (1977) als klinisch-röntgenologisch orientierter Untersucher den seiner Meinung nach hohen Informationsgehalt derartiger Veränderungen. Er kommt im Rahmen seiner Forschungen in einem Vergleich röntgenologischer und pathologisch-anatomischer Veränderungen des Fesselgelenks zu dem Ergebnis, daß eine erhöhte Dichte des subchondralen Knochens im proximalen dorsalen Fesselbeinabschnitt ein höchst verlässlicher Indikator für das Vorliegen von Gelenkknorpelschäden auf der proximalen Gelenkfläche des Fesselbeins ist und

auch auf Läsionen der Metacarpusgelenkfläche hinweist. Erhöhte Dichte der subchondralen Spongiosa ist röntgenologisch, je nach Grad der Ausprägung, mit einem Verlust der normalen Trabekelzeichnung verknüpft (vgl. Abb. 44, S. 238), die dann verwaschen erscheinen kann. Diese Beobachtungen entsprechen unseren Untersuchungsergebnissen und betonen unserer Meinung nach die diagnostischen Möglichkeiten, die in der stärkeren Berücksichtigung dieser Veränderungen liegen.

In den distalen Anteilen des Fesselbeins konnten Veränderungen der Spongiosa auf den Röntgenaufnahmen ebenfalls befundet werden. Die Veränderungen in dem Bereich waren jedoch nicht immer eindeutig zu erfassen, da eine engumschriebene Spongiosaverdichtungszone nicht deutlich ausgeprägt ist und die sich anschließenden Spongiosabälkchen normalerweise eine unregelmäßigere Zeichnung auf den Strukturaufnahmen erkennen lassen. Bei jeweils zwei Extremitäten wurde eine Verminderung der Spongiosaverdichtung bzw. verwaschene Trabekelzeichnung festgestellt, wobei letztere Gelenkflächen in allen Fällen schwerwiegende Veränderungen aufwiesen und diejenigen mit einer Verminderung der Verdichtung in einem Fall schwerwiegende und im anderen Fall geringgradige makroskopische Veränderungen zeigten.

In proximalen Kronbeinabschnitten konnten in einigen Fällen Veränderungen der subchondralen Spongiosa beobachtet werden. Die Röntgenstrukturaufnahmen dieser Gelenkfläche ließen von Extremität zu Extremität deutliche individuelle Unterschiede in Ausprägung und Zeichnung der subchondralen Spongiosa erkennen. Deshalb wurden zunächst den Veränderungen auf den Röntgenstrukturaufnahmen (Verminderung, Verstärkung und unregelmäßiger Verlauf der Verdichtungszone) die Befunde der makroskopischen Untersuchung zugeordnet. Es zeigte sich, daß bei einer Verbreiterung der Verdichtungszone zwei Drittel der Fälle pathologisch-anatomische Veränderungen aufwiesen und Gelenkflächen mit einer Verminderung der Verdichtungszone nur etwa zur Hälfte makroskopische Veränderungen hatten.

Veränderungen der subchondralen Spongiosa wurden bei etwa einem Zehntel der proximalen Kronbeingelenkflächen auf Röntgenaufnahmen beobachtet und wiesen zu den pathologisch-anatomischen Untersuchungsergebnissen Beziehungen auf, die mit den Korrelationen der an Röntgenstrukturaufnahmen erhobenen Befunde übereinstimmten (Abb. 33).

Die Spongiosa der gelenknahen knöchernen Anteile des Hufgelenks konnte nicht beurteilt werden. Da sich über das Hufgelenk Hornkapsel und Weichteilgewebe projizieren, wird ein höherer Anteil von Strahlung absorbiert und der Röntgenfilm bei den gewählten Belichtungswerten zu wenig geschwärzt, um die Trabekelzeichnung deutlich zu erkennen lassen.

Die Beschaffenheit der Gelenklinie konnte in der Regel auf den Röntgenaufnahmen gut beurteilt werden. Allgemein gilt, daß die Gelenklinie nach außen gewölbter Gelenkflächen auf latero-medialen Aufnahmen zu beurteilen ist, während sie bei nach innen gewölbten Gelenkflächen auf den a.-p. Aufnahmen am deutlichsten zu erkennen ist.

Für die Gelenkflächen des Hufbeins trifft dies nur mit Einschränkung zu, da hier die Detailzeichnung durch Überlagerungen herabgesetzt ist und im Bereich des Hufbeins wegen dessen löchriger Struktur auf den a.-p. Aufnahmen schwer zu beurteilen ist. Veränderungen der Gelenklinie des Hufbeins mußten also an Hand von lateralen Röntgenaufnahmen interpretiert werden. Deshalb konnten nur sehr deutliche Veränderungen, wie Kerben, nachgewiesen werden. Die Gelenklinie des distalen Kronbeins war besser zu beurteilen.

An Abweichungen von der normalen Zeichnung der Gelenklinie wurden - allgemein - Verstärkungen, Unterbrechungen und auch ein gezackter Verlauf der Gelenklinie beobachtet. Diese Röntgenbefunde waren je nach Gelenkfläche von unterschiedlichen Beziehungen zu pathologisch-anatomischen Befunden charakterisiert.

Ausgesprochen deutlich mit schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen waren die Röntgenbefunde "Unterbrechung der

Gelenklinie" (Abb. 43 und 28) und "Verstärkung der Gelenklinie" des proximalen Fesselbeins verknüpft; die entsprechenden Gelenkflächen (Fp) wiesen in allen Fällen (19 Gelenke) schwerwiegende makroskopische Veränderungen auf. Auch die korrespondierende Gelenkfläche des Metacarpus zeigte zu hohen Prozentsätzen schwerwiegende makroskopische Befunde (vgl. Abb. 31).

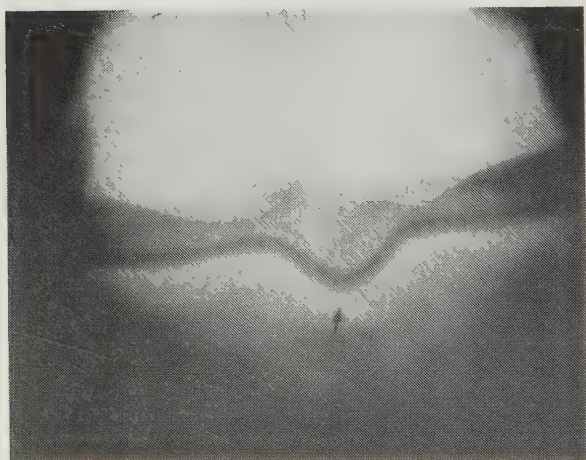


Abb. 43 : Unterbrechung der Gelenklinie des proximalen Fesselbeins (Pfeil)

Veränderungen der Gelenklinie und der subchondralen Spongiosa waren in unserem Material die deutlichsten röntgenologischen Indikatoren für schwere Gelenkknorpelschäden der proximalen Fesselbeingelenkfläche. Um zu überprüfen, ob sie dazu geeignet sind, eine größere Anzahl derartig geschädigter Gelenke röntgenologisch zu erfassen, haben wir zunächst bestimmt, wieviele Gelenkflächen (Fp) unter Berücksichtigung klassischer Röntgenbefunde, nämlich "dorsaler Randwulst", "Corpora libera", "Exostosenbildung", "Rauigkeiten" und "Porosierungen" des proximalen Fesselbeins röntgenologisch erfaßt worden wären. Dabei ergab sich eine Anzahl von 36 Gelenkflächen, von denen 13 geringgradig, 21 schwerwiegend und 2 nicht verändert waren. Nimmt man auch die Befunde "Verstärkung, Verminderung" und "verwaschene Zeichnung der Spongiosa", "Unterbrechung und Verstärkung der Gelenklinie" und "Unsauberkeit des Gelenkspalts" mit in die Beurteilung auf, können weitere 20 Extremitäten durch die Röntgenuntersuchung erfaßt werden, deren proximale Fesselbeingelenkflächen übereinstimmend von schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen gekennzeichnet waren. Einige dieser Fälle konnten auch histologisch abgesichert werden. Darüberhinaus zeigten von den 21 schwerwiegend veränderten Gelenkflächen, die unter Anwendung der üblichen Kriterien der Röntgendiagnostik erfaßt wurden, 15 Gelenkflächen gleichzeitig Veränderungen im Bereich der Spongiosa oder Gelenklinie.

Dieses Beispiel mag unsere Vermutung unterstreichen, daß auch diese, in der praktischen Röntgendiagnostik des Fesselgelenks bislang wenig beachteten Befunde eine Erweiterung der Aussagekraft von Routineröntgenaufnahmen darstellen könnten.

Obwohl die Anzahl von Gelenken mit diesen Röntgenbefunden nicht so klein ist, können auf Grund der unbekannten Zusammensetzung des Pferdematerials keine abschließenden Aussagen für die Röntgendiagnostik abgeleitet werden.

Für Veränderungen der Gelenklinie anderer Gelenkflächen wurden prinzipiell ähnliche Beziehungen zu pathologisch-anatomischen Veränderungen vorgefunden. Dies gilt ganz besonders für die Gelenkflächen des Metacarpus und des distalen Fesselbeins (vgl. Abb. 29, 32), während eine gezackte Gelenklinie des proximalen Kronbeins nicht mit makroskopischen Veränderungen verknüpft war und die unterbrochene bzw. verstärkte Gelenklinie dieser Gelenkfläche nicht so eindeutige Korrelationen aufwies, wie es zuvor für das proximale Fesselbein beschrieben wurde.

Die Gelenklinie des distalen Kronbeins war aus schon genannten Gründen weniger gut zu beurteilen und wies lediglich bei zwei Gelenkflächen eine Verstärkung auf. Beide Gelenkflächen waren makroskopisch nicht verändert (Abb. 34).

Der Röntgenbefund "Unsauberkeit des Gelenkspalts" war eng verknüpft mit Veränderungen der Gelenklinie, wie auch aus den Röntgenstrukturaufnahmen hervorging. In allen drei Zehengelenken konnte dieser Befund erhoben werden, der ebenfalls in fast allen Fällen mit schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen mindestens einer der beteiligten Gelenkflächen korrelierte (Abb. 29, 33, 35). Allerdings ist dies ein Röntgenbefund, der nur recht selten erhoben wurde und deshalb in seinen Beziehungen zu pathologisch-anatomischen Untersuchungsergebnissen mit den genannten Einschränkungen interpretiert werden muß.

Für den Vergleich röntgenologischer und pathologisch-anatomischer Veränderungen kann zusammenfassend gesagt werden, daß für die einzelnen Röntgenbefunde zum Teil sehr unterschiedliche Korrelationen vorgefunden wurden, die eine unterschiedliche Wichtung röntgenologischer Veränderungen nötig erscheinen lassen. Die in der praktischen Röntgendiagnostik üblichen Röntgenbefunde wie z.B. Randwulstbildung, Auflagerungen und Porosierungen waren in der Regel

mit makroskopischen Veränderungen der entsprechenden Gelenkflächen verknüpft, von denen allerdings ein nicht unerheblicher Teil nur als "geringgradig" klassifiziert worden war. Diese Röntgenbefunde wurden gelegentlich auch bei Gelenkflächen beobachtet, die makroskopisch keinerlei Veränderungen aufwiesen. Diese Feststellung konnte für alle Gelenkflächen (Mc, Fp, Fd, Kp, Kd und H) getroffen werden, wobei als Durchschnittswert etwa ein Anteil von 5 bis 12% der jeweiligen Gelenkflächen zwar pathologisch-anatomisch nicht verändert war, jedoch deutliche röntgenologische Veränderungen dieser Art aufwies. Eine Ausnahme bildet das Hufbein. Hier war ein Viertel der Gelenkflächen von röntgenologischen Veränderungen gekennzeichnet, ohne pathologisch-anatomisch verändert zu sein. Im Gegensatz dazu fiel eine hohe Korrelation zu schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen bei einigen Röntgenbefunden auf, die üblicherweise in der Routinediagnostik nur wenig Berücksichtigung finden, wie Veränderungen von subchondraler Spongiosa, Gelenklinie und Gelenkspalt. Diese Befunde waren auf Röntgenstrukturaufnahmen leichter und eindeutiger als an Zehengelenksröntgenaufnahmen zu identifizieren. Im Vergleich zu den pathologisch-anatomischen Untersuchungsergebnissen zeichneten sie sich bei den meisten Gelenkflächen durch sehr hohe Korrelationen zu schwerwiegenden Knorpelläsionen aus, die als weiterer Hinweis auf die Aussagefähigkeit dieser Röntgenbefunde gewertet werden können.

Besonders deutlich zeigte sich diese Beziehung bei den an Röntgenaufnahmen von proximalen Fesselbeinabschnitten erhobenen Röntgenbefunden. Hier war es unter Einbeziehung dieser Befunde möglich, die Zahl der röntgenologisch identifizierbaren Gelenkflächen mit schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen ungefähr zu verdoppeln, und zwar von 21 Gelenkflächen auf 41 Gelenkflächen. Auch hier blieb allerdings ein kleiner Teil von zwei Gelenkflächen mit schwerwiegenden makroskopischen Veränderungen, die röntgenologisch nicht erfaßt wurden. Wurde die Interpretation röntgenologischer Veränderungen proximaler Fesselbeinabschnitte dagegen ohne

Berücksichtigung dieser Röntgenbefunde vorgenommen, konnten insgesamt 23 Gelenkflächen mit schwerwiegenden pathologisch-anatomischen Veränderungen nicht erfaßt werden, also über ein Viertel des Materials und etwa die Hälfte der schwerwiegend makroskopisch veränderten Gelenkflächen (Fp).

Der Anteil makroskopisch schwerwiegend veränderter, aber röntgenologisch unauffälliger Gelenkflächen ist ohnehin insgesamt recht hoch. Als ein grober Näherungswert kann hier angegeben werden, daß ungefähr ein Viertel der jeweiligen Gelenkflächen mit schwerwiegenden pathologisch-anatomischen Veränderungen keinerlei röntgenologische Befunde erkennen ließ (vgl. Tab. 3).

Für den in der Pferdepraxis tätigen Tierarzt, der sich häufig mit degenerativen Zehengelenkerkrankungen beschäftigen muß, ist jedoch nicht so sehr die Korrelation zwischen röntgenologischem und pathologisch-anatomischem Bild, als vielmehr die Aussagekraft für das klinische Bild interessant, d.h. ob und inwieweit die festgestellten Röntgenbefunde in Zusammenhang mit einer Lahmheit stehen. In der Röntgendiagnostik degenerativer Gelenkerkrankungen besteht aber bekanntermaßen gerade das Problem, daß - vereinfacht dargestellt - ausgedehnte röntgenologische Veränderungen oft bei lahmheitsfreien Tieren beobachtet werden und, umgekehrt, auch bei starken Lahmheiten gelegentlich keine Befunde aus der Röntgenuntersuchung zu erhalten sind, obwohl durchaus ausgedehnte makroskopische Gelenkknorpelschäden, wie z.B. Einbrüche, vorliegen können. So wird von mehreren Autoren die Meinung vertreten, daß auch ausgeprägte röntgenologische Veränderungen eines Gelenks nicht unbedingt Lahmheitsursache sein müssen und sogar Zufallsbefunde sein können (KELLER, 1972; DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ, 1975; WINTZER, 1976, 1982; HARTUNG, 1982b; RICHTER, DIETZ u. KNEZEVIC, 1982). Über den Problembereich der Aussagekraft röntgenologischer Veränderungen für das klinische Bild liegt eine Untersuchung

Tab. 3: Anteile der durch die Röntgenuntersuchung nicht erfass-
baren, schwerwiegend pathologisch-anatomisch veränder-
ten Gelenkflächen

Gelenkfläche	Anteil makroskopisch schwerwiegend veränderter Gelenkflächen	davon röntgenologisch nicht erfaßt
Mc	60%	27%
Fp	55%	52% ^a , 5% ^b
Fd	20%	17%
Kp	24%	26%
Kd	38%	37%
H	10%	25%

a : ohne Berücksichtigung röntgenologischer Veränderungen
von subchondraler Spongiosa, Gelenklinie und Gelenkspalt

b : mit Berücksichtigung röntgenologischer Veränderungen
von subchondraler Spongiosa, Gelenklinie und Gelenkspalt

von FEHLOW (1956) vor. Der Autor verglich zwei Gruppen gleichaltriger (16 Jahre und älterer) Armeepferde, die zur Zeit der Erhebung täglich gearbeitet wurden und alle deutliche röntgenologische Anzeichen periostaler Knochenzubildung zeigten. Der größte Teil dieser Pferde (19 Fälle) war lahmheitsfrei, während drei Pferde eine deutliche Lahmheit aufwiesen. FEHLOW (1956) gibt allerdings an, daß die Auflagerungen bei den lahmen Pferden im Vergleich zu den lahmheitsfreien Tieren stärker waren. Da die Lahmheiten bei degenerativen Gelenkerkrankungen in erster Linie durch Schmerz ausgelöst werden, stellt sich hier die Frage nach der Lokalisation der Schmerzempfindung, die nach Meinung von DÄMMRICH, BRASS und SCHEBITZ (1975) in der Gelenkkapsel und vielleicht im Periost zu suchen ist. NILSSON (1973) bestätigt diese Ansicht auf Grund einer vergleichenden Untersuchung von "Schmerz" und "pathologisch-anatomischen Veränderungen" nur teilweise. Er stellte zwar in den meisten Gelenken mit Gelenkknorpelalterationen auch entzündliche Veränderungen der Synovialis fest, nimmt aber an, daß degenerative Gelenkknorpelläsionen mit Beteiligung des subchondralen Knochengewebes selbst ausreichen, um Schmerzempfindungen zu verursachen. Zwischen dem Grad von Veränderungen der Gelenkkapsel und dem Grad von Veränderungen des Gelenkknorpels besteht nach NILSSON und OLSSON (1973) allerdings keine Korrelation. Letztere Untersuchung bestätigt die oft geäußerte Ansicht, daß auch ausgedehnte pathologisch-anatomische Veränderungen nicht notwendig Ursache einer Lahmheit sind (DÄMMRICH, BRASS u. SCHEBITZ, 1975).

Für unsere Untersuchungen zur Berücksichtigung klinischer Aspekte standen nur wenige Pferde mit bekanntem Vorbericht zur Verfügung, die deshalb gesondert diskutiert werden sollen.

Die Diskrepanz zwischen röntgenologischem und klinischem Bild, aber auch zwischen pathologisch-anatomischem Befund und klinischem sowie röntgenologischem Befund wird bei einem Pferd (Fall 1) besonders deutlich. Dieses Pferd war trotz

deutlicher arthrotischer Veränderungen des Fesselgelenks (Röntgenbefund) und massiver Gelenkknorpelschäden lahmheitsfrei (vgl. Abb. 44). Ein anderes Pferd (Fall 4) zeigte röntgenologisch vorne rechts einen linsengroßen freien Körper dorsal im Fesselgelenk, lahnte jedoch vorne links; makroskopisch und auch röntgenologisch fanden sich vorne links keine besonderen Befunde.

Im Gegensatz dazu zeigte ein Pferd mit einem ausgedehnten Zystoid eine deutliche Lahmheit dieser Extremität und wies makroskopisch schwere Knorpelulzerationen auf; röntgenologisch war dieser Patient dagegen völlig unauffällig (Fall 10).

Ein anderer Fall (Fall 5) weist wiederum auf dem Röntgenbild starke arthrotische Veränderungen des linken und rechten Hufgelenks auf, reagierte aber beiderseits auf die TPA und links auch auf die MPA negativ. Bei anderen Fällen mit arthrotischen Gelenkveränderungen wurden aber auch deutliche Lahmheiten festgestellt, die allerdings nicht immer durch diagnostische Injektionen lokalisiert wurden (Fall 2 und 3).

Ein Röntgenbefund, der häufig bei makroskopisch schwerwiegend veränderten Gelenkflächen beobachtet wurde, ist die Kerbe in der Gelenklinie, auf deren Bedeutung bereits hingewiesen wurde. Offensichtlich handelt es sich hierbei um einen Röntgenbefund, der relativ sicher schwere Schädigungen der Gelenkfläche anzeigt, jedoch nicht unbedingt bestimmend für das klinische Bild sein muß, wie ein Vergleich der Fälle 2 und 2a ergibt. Auch ein älterer Prozess kann trotz Besserung des klinischen Bildes röntgenologisch darstellbar bleiben.

In der Röntgendiagnostik degenerativer Gelenkerkrankungen wird häufig beobachtet, daß sich ausgedehnte schwere Defekte und Einbrüche ganz der röntgenologischen Darstellbarkeit entziehen. Diese Tatsache ist bekannt und konnte auch aus den Ergebnissen unserer Untersuchungen an Schlachtpferdeextremitäten und unserer Versuche zur Darstellbarkeit künstlicher Läsionen erwartet werden.

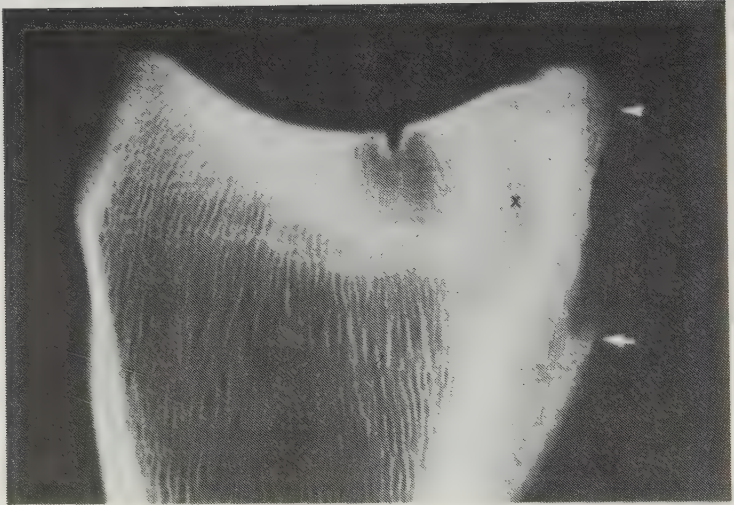


Abb. 44 : Röntgenstrukturaufnahme eines proximalen Fesselbeins (Fall 1):

- eine ausgedehnte Aufhellung, die über einen Kanal mit dem Defekt auf der Gelenkfläche in Verbindung steht und von einer osteosklerotischen Verdichtungszone umgeben ist
- Verlust der Trabekelzeichnung im dorsalen Bereich (x)
- Porosierung des dorsalen Randwulstes (Keil)
- Exostose im Insertionsbereich der Zehenstrecker (SISSON, 1975) auf der Dorsalseite des Fesselbeins (Pfeil)

Wenn man die Ergebnisse der makroskopischen Untersuchung und der Röntgenstrukturanalyse der Gelenkflächen "bekannter" Pferde betrachtet, so überrascht dennoch die Ausdehnung röntgenologisch nicht darstellbarer Läsionen (Fall 1, 3, 7, 10), die zuweilen bis zu 8 mm tief in den subchondralen Knochen reichten (Abb. 44). Eine Ausnahme bildet hier Fall 7. Bei diesem Pferd fielen makroskopisch massive und tiefe Knorpelschäden des distalen Metacarpus im Bereich des Transversalkamms, also Veränderungen im Sinne der gullwing-arthrosis auf. Hier konnte auf Grund einer latero-medialen Röntgenaufnahme der Verdacht auf eine Aufhellung im palmaren Teil des Metacarpus ausgesprochen werden. Die Röntgenstrukturaufnahme des Metacarpus ergab in entsprechender Lokalisation ein im Durchmesser etwa 4 mm großes Zystoid.

Diese wenigen Fälle sind vielleicht dazu geeignet, auf die Probleme in der Röntgendiagnostik degenerativer Gelenkerkrankungen hinzuweisen und einige Tendenzen aufzuzeigen. Sicherlich handelt es sich hierbei um ein Thema, dessen systematische Bearbeitung und Untersuchung an einem größeren Pferdmaterial für die Diagnostik degenerativer Gelenkerkrankungen sehr wertvoll wäre.

Die in dieser Arbeit an einem Schlachtpferdematerial vorgefundenen Beziehungen zwischen röntgenologischen und pathologisch-anatomischen Veränderungen geben einen Überblick über die zum Teil stark differierende Aussagekraft unterschiedlicher Röntgenbefunde der Zehengelenke. Durch eine besonders hohe Korrelation zu schwerwiegenden pathologisch-anatomischen Veränderungen waren die an proximalen Fesselbeinabschnitten erhobenen Röntgenbefunde im Bereich der subchondralen Spongiosa, der Gelenklinie und des Gelenkspalts charakterisiert.

Da diese Röntgenbefunde als Information in konventionellen Routineröntgenaufnahmen in Standardqualität bereits enthalten sind, bieten sie sich nach unseren Ergebnissen als

aussagekräftige Indikatoren degenerativer Gelenkerkrankungen in der Röntgendiagnostik der Arthropathia deformans beim Pferd, insbesondere für das Fesselgelenk an.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Im Hauptteil dieser Arbeit wurden in einer Serienuntersuchung an Zehengelenken der Vorderextremitäten von Schlachtpferden die Korrelationen unterschiedlicher Röntgenbefunde zu pathologisch-anatomischen Veränderungen der entsprechenden Gelenkflächen bestimmt.

Die Ergebnisse der Röntgenuntersuchung und der makroskopischen Untersuchung wurden durch Röntgenstrukturanalysen und in einigen Fällen durch histologische Untersuchungen ergänzt und miteinander verglichen. Die verschiedenen Röntgenbefunde der einzelnen Gelenkflächen wiesen teilweise deutlich voneinander differierende Beziehungen zu pathologisch-anatomischen Veränderungen auf. Es zeigte sich einerseits, daß unter Anwendung klassischer Röntgenbefunde der Arthropathia deformans ein nicht unerheblicher Anteil von pathologisch-anatomisch veränderten Gelenkflächen nicht erfaßt werden konnte. Andererseits waren aber auch Fehlinterpretationen in der Gelenkbeurteilung möglich, da diese röntgenologischen Veränderungen auch in Gelenken beobachtet wurden, die keinerlei makroskopische Läsionen erkennen ließen.

Bei den Bemühungen, die Aussagekraft der Röntgenuntersuchung zu erhöhen, wurden weitere Befunde einbezogen, die in der praktischen Röntgendiagnostik im allgemeinen wenig beachtet werden, wie vor allem Veränderungen im Bereich von subchondraler Spongiosa, Gelenklinie und Gelenkspalt. Diese Röntgenbefunde zeichneten sich in Abhängigkeit von ihrer Lokalisation durch wesentlich höhere Korrelationen zu schwerwiegenden Gelenkknorpelläsionen als die klassischen Röntgenbefunde aus.

Sie waren insgesamt dazu geeignet, den Anteil röntgenologisch identifizierbarer Gelenkflächen mit schwerwiegenden Knorpelveränderungen zu erhöhen und erwiesen sich als relativ sichere Indikatoren für das pathologisch-anatomische Bild der Gelenkfläche.

Besonders hervorzuheben ist die Aussagekraft dieser in proximalen Fesselbeinabschnitten lokalisierten Röntgenbefunde.

Hier konnte unter Berücksichtigung der Veränderungen von Spongiosa, Gelenklinie und Gelenkspalt die Anzahl der röntgenologisch identifizierbaren, makroskopisch von schwerwiegenden Läsionen gekennzeichneten Gelenkflächen etwa verdoppelt werden.

Es handelt sich zwar bei diesen Veränderungen um sehr feine Röntgenbefunde, die jedoch von einem in der Röntgendiagnostik erfahrenen Untersucher an Routineröntgenaufnahmen in Standardqualität ohne Zusatzuntersuchungen erhoben werden können.

Wie aus den Serienuntersuchungen an Schlachtpferden, der Untersuchung bekannter Pferde und einer ergänzenden Untersuchung zur Darstellung künstlicher Läsionen auf dem Röntgenbild hervorging, ist eine sichere röntgenologische Darstellbarkeit von subchondralen Läsionen ("Zystoiden") auf Routineröntgenaufnahmen erst bei relativ ausgedehnten Schäden möglich. Kleinere subchondrale Läsionen von etwa 3 bis 4 mm im Durchmesser waren gelegentlich als Aufhellungen zu erkennen, konnten aber auch in diesen Fällen nicht immer sicher gedeutet werden. Nach unseren Ergebnissen sind auf den Röntgenaufnahmen die in distalen Fesselbeinabschnitten lokalisierten Aufhellungen am besten darstellbar.

Als sicherer röntgenologischer Indikator für tiefe Defekte auf der Gelenkfläche erwies sich die auch bei einigen Zystoiden festgestellte etwa 2 mm tiefe Kerbe in der Gelenklinie, die auf latero-medialen Röntgenaufnahmen festgestellt wurde.

Eine auf ihre Aussagekraft überprüfte schräg-anterior-posterior Projektion war für die Erkennbarkeit gelenknah lokalisierter Aufhellungen in einigen Fällen den Röntgenaufnahmen in horizontaler anterior-posterior und latero-medial Projektion überlegen.

F. SUMMARY

In the main part of this study correlations between radiographic findings and pathologic-anatomic changes of the equine digit were established in an examination of slaughtered horses.

The results of radiographic and gross pathologic examinations were compared and correlated with the results of additionally effected high detail radiographs of bone slabs and in several instances with histologic sections. The radiographic findings of the different joint surfaces were characterized by partly quite different relations to macroscopic changes. On the one hand it turned out, that a considerable part of patho-anatomically altered joint surfaces could not be identified relying on classical radiographic signs of degenerative joint disease (arthropathia deformans). On the other hand, misinterpretation of the joint condition was possible, since some of these radiographic changes were also present in joints without any macroscopic findings.

Attempting to increase the significance of the radiographic examination we included some radiographic findings which up to now have only obtained little consideration, such as changes of the subchondral bone, the joint line and the joint space. Depending on their localization the latter radiographic findings generally corresponded better with severe cartilage damage. After all, they proved valuable in increasing the proportion of joint surfaces with severe cartilage lesions, which could be assessed by radiographic means. In addition they proved to be comparatively reliable findings with regard to the patho-anatomical condition of a joint.

The number of the joint surfaces of the first phalanx' proximal part with severe cartilage lesions which could be identified radiographically could nearly be doubled if radiographic changes of the subchondral bone, the joint line and the joint space were considered.

Although these findings are quite subtle radiographic

changes they can easily be identified on routine X-rays in standard quality by an investigator experienced in radiography without any additional diagnostic procedures.

According to the serial examination of slaughtered horses, the examination of several clinically known horses and an additional study on the radiographic appearance of artificial lesions, a definite radiologic assessment of subchondral lesions ("cyst-like lesions") was only possible if quite pronounced lesions were present. Smaller subchondral lesions of 3 to 4 mm in diameter could occasionally be recognized as radiolucencies; the radiologic evaluation of these changes, however, was not always certain. According to our results the radiolucencies were best demonstrable on radiographs when located in the distal part of the first phalanx.

A nearly 2 mm groove in the joint line, which was identified on latero-medial radiographs and found with some cases of cyst-like lesion, proved to be a reliable radiologic indication of severe lesions on the joint surface.

Radiographic visualization of subchondral radiolucencies, which could not be identified on horizontal anterior-posterior and latero-medial projections, sometimes was possible on radiographs in oblique anterior-posterior projection.

G. LITERATURVERZEICHNIS

ADAMS, O.R. (1972):

Lameness in horses. 2. Aufl.

Verlag Lea u. Febiger, Philadelphia, 1972

ARDRAN, G.M. (1951):

Bone destruction non demonstrable by radio-graphie.

Brit. J. Radiol. 24, 107-109, 1951

AUER, J. (1980):

Degenerative Gelenkserkrankung beim Rennpferd.

Prakt. Tierarzt 61, 16-24, 1980

BÖHM, D. u. M.-L. NAGEL (1980):

Ein Beitrag zur Röntgendiagnostik der Gelenkserkrankungen bei jungen Pferden.

Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 93, 161-163, 1980

DÄMMRICH, K. (1967):

Rachitis und Osteodystrophia fibrosa generalisata.

Zentralbl. Veterinärmed. A 14, 597-627, 1967

DÄMMRICH, K. (1976):

Zur Pathogenese der Arthropathia deformans bei Haustieren.

Kleintier-Prax. 21, 158-166, 1976

DÄMMRICH, K. (1981):

Bewegungsapparat.

in: SANDERSLEBEN, J.v., K. DÄMMRICH u. E. DAHME:

Pathologische Histologie der Haustiere.

Verlag Fischer, Stuttgart, 1981

DÄMMRICH, K., W. BRASS u. H. SCHEBITZ (1975):

Gelenke.

in: SCHEBITZ, H. u. W. BRASS (Hrsg.):

Allgemeine Chirurgie für Tierärzte und Studierende.

Verlag Parey, Berlin, Hamburg, 1975

DIK, K.J. (1980):

Hoefkreupelheden (Lameness in the horse).

Tijdschr. Diergeneesk. 105, 90-95, 1980

DIK, K.J. (1981):

Röntgenologische aspecten van polyarthrititis bij veulens (Radiologic aspects of polyarthrititis in foals).

Utrecht, Faculteit Diergeneeskunde, Rijksuniversiteit, Proefschrift (Habil.-Schr.), 1981

DIK, K.J. (1982):

Arthrographic studies in the horse.

6th International Veterinary Radiology Conference, Davis, California, 26.8.1982

EVANS, L. u. J. JENNY (1970):

Surgical and clinical management of subchondral "bone cyst".

Proc. 16th Annu. Conv. Am. Assoc. Equine Pract. 195-197, 1970

FEHLOW, K. (1956):

Röntgenologische Untersuchungen an den distalen Abschnitten der Vorderextremitäten älterer Reitpferde.

Berlin, Freie Univ., Fachber. Veterinärmed., Diss. 1956

FIRTH, E.C. (1983):

Current concepts of the infectious polyarthritis in foals.

Equine vet. J. 15, 5-9, 1983

GRANT, B.D. (1982):

The pastern joint. The fetlock joint.

in: MANSMANN, R.A., E.S. McALLISTER u.

P.W. PRATT (Hrsg.): Equine medicine and surgery. Bd. 2, 3. Aufl.

American Veterinary Publications, Santa Barbara, 1982

HARTUNG, K. (1982a):

Die Arthropathia deformans im Röntgenbild.

Nordwestdeutscher Tierärztetag, Bremen,

1.5.1982

HARTUNG, K. (1982b):

Röntgenologische Untersuchung.

in: DIETZ, O. u. E. WIESNER (Hrsg.):

Handbuch der Pferdekrankheiten für Wissenschaft und Praxis. Bd. I

Verlag Karger, Basel, München, 1982

HARTUNG, K. u. H. KELLER (1970):

Untersuchungen über die strahlenabsorbierende Wirkung äußerlich anzuwendender Medikamente bei Röntgenaufnahmen.

Schweiz. Arch. Tierheilk. 112, 480-489, 1970

HAYNES, P.F. (1980):

Disease of the metacarpophalangeal joint and the metacarpus.

Vet. Clin. North Am. Large Anim. Pract. 2, 33-59, 1980

HEINE, J. (1926):

Arthritis deformans.

Virchows Arch. pathol. Anat. 260, 521-663,
1926

HERTSCH, B. (1976):

Xeroradiographie - ein neues Verfahren in
der Röntgendiagnostik: Anwendung beim Pferd.
Tierärztl. Prax. 4, 223-233, 1976

HICKMAN, J. (1964):

Veterinary Orthopaedics.

Verlag Oliver u. Boyd, Edinburgh, London,
1964

HOFMANN, R. u. M. SCHÖNBAUER (1982):

Zur Diagnose der Osteochondrosis dissecans
des Pferdes.

Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 95,
26-30, 1982

HORNOF, W. u. T. O'BRIEN (1980):

Radiographic evaluation of the palmar aspect
of the equine metacarpal condyles: a new
projection.

Vet. Radiol. 21, 161-167, 1980

HORNOF, W., T. O'BRIEN u. R. POOL (1981):

Osteochondritis dissecans of the distal meta-
carpus in the adult racing Thoroughbred
horse.

Vet. Radiol. 22, 98-106, 1981

KELLER, H. (1972):

Der Wert der Röntgendiagnostik im Rahmen
der Lahmheitsuntersuchung des Pferdes.

Prakt. Tierarzt 53, collegium vet. 492-494,
1972

KELLER, H. (1976):

Lahmheitsdiagnostik beim Pferd (1).
Tierärztl. Prax. 4, 349-358, 1976

KERSJES, A.W. (1983):

Die Ankaufsuntersuchung, insbesondere die
Bedeutung der Röntgenaufnahmen.
Prakt. Tierarzt 64, 189-192, 1983

LANDELLS, J. (1953):

The bone cysts of osteoarthritis.
J. Bone Joint Surg. 35 B, 643-649, 1953

MARSHALL, J.L. (1969):

Periarticular osteophytes.
Clin. Orthop. rel. Res. 62, 37-47, 1969

McILWRAITH, C.W. (1982a):

Current concepts in equine degenerative
joint disease.
J. Am. Vet. Med. Assoc. 180, 239-250,
1982

McILWRAITH, C.W. (1982b):

Subchondral cystic lesions (osteochondrosis)
in the horse.
Contin. Educ. 4, 282-294, 1982

MILNE, F. (1972):

The radiographic status of the left fore fet-
lock of winning Thoroughbreds at Ontario
racetracks in 1970.
Can. vet. J. 13, 33-39, 1972

MORGAN, J.P. (1968):

Radiographic diagnosis of bone and joint diseases in the horse.

Cornell Vet. 58, suppl. 28-46, 1968

MÜLLER, F.v. (1913):

Differenzierung der chronischen Gelenkentzündung.

Münch. med. Wochenschr. 36, 2017-2018, 1913

MÜNZER, B. (1982):

Röntgendiagnostik in der Pferdepraxis.

Verlag Enke, Stuttgart, 1982

MÜNZER, B. u. K. HARTUNG (1977):

Röntgenologische Diagnose der Arthropathia deformans.

Tierärztl. Prax. 5, 513-520, 1977

NIEBAUER, G. H. PLENK jun., E. KÖPPEL u. F. GRUNDSCHÖBER (1982):

Zur Pathogenese subchondraler Knochenzysten beim Pferd.

Wien. tierärztl. Monatsschrift 69, 345-357, 1982

NIETHARD, F. U. u. R. PLAUE (1976):

Experimentelle Untersuchungen über die Grenzen der röntgenologischen Darstellung von Schienbeinkopfbrüchen.

Fortschr. Röntgenstr. 125, 136-140, 1976

NILSSON, G. (1973):

Lameness and pathologic changes in the distal joints and the phalanges of the Standardbred horse.

Acta vet.scand. Suppl. 44, 82-96, 1973

NILSSON, G. u. S.-E. OLSSON (1973):

Radiologic and patho-anatomic changes in the distal joints and the phalanges of the Standardbred horse.

Acta vet.scand. Suppl. 44, 1-57, 1973

O'BRIEN, T. (1977):

Disease of the Thoroughbred fetlock joint - a comparison of radiographic signs with gross pathologic lesions.

Proc. 23rd Annu. Conv. Am. Assoc. Equine Pract. 367-380, 1977

O'BRIEN, H., W. HORNOF u. D. MEAGHER (1981):

Radiographic detection and characterization of palmar lesions in the equine fetlock joint.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 178, 231-237, 1981

OLSSON, S.-E. (1982):

Morphology and physiology of the growth cartilage under normal and pathologic conditions.

in: SUMNER-SMITH, G. (Hrsg.): Bone in Clinical Orthopaedics.

Verlag Saunders, Philadelphia, London, 1982

ONDROUCH, A. (1963):

Cyst formation in osteoarthritis.

J. Bone Joint Surg. 45 B, 755-760, 1963

PETTERSSON, H. u. F. SEVELIUS (1968):

Subchondral bone cyst in the horse: a clinical study.

Equine vet. J. 1, 75-82, 1968

PETTERSSON, H. u. S. REILAND (1969):

Periarticular subchondral "bone cysts"
in horses.

Clin. Orthop. rel. Res. 62, 95-103, 1969

PETTERSSON, H. u. R. RYDÉN (1982):

Avulsion fractures of the caudo-proximal
extremity of the first phalanx.

Equine vet. J. 14, 333-335, 1982

POMMER, G. (1927):

Entstehungsbedingungen der Arthritis de-
formans.

Virchows Arch. pathol. Anat. 163, 435-514,
1927

RADIN, E., I. PAUL u. M. TOLKOFF (1970):

Subchondral bone change in patients with
early degenerative arthritis.

Arthritis Rheum. 13, 400-405, 1970

REID, C.F. (1970):

Radiographic diagnosis and appearance of
osseous cyst-like lesions in horses previously
reported as periarticular subchondral "bone
cysts".

Proc. 16th Annu. Conv. Am. Assoc. Equine
Pract. 185-193, 1970

RHANEY, K. u. D. LAMB (1955):

The bone cysts of osteoarthritis of the hip.

J. Bone Joint Surg. 37 B. 663-675, 1955

RICHTER, W., O. DIETZ u. P. KNEZEVIC (1982):

Krankheiten an Mittelfuß und Zehe.
in: DIETZ, O. u. E. WIESNER (Hrsg.):
Handbuch der Pferdekrankheiten für Wissen-
schaft und Praxis. Bd. III
Verlag Karger, Basel, München, 1982

RÖHLER, R. (1957):

Untersuchungen zur Detailerkennbarkeit im
Röntgenbild.
Fortschr. Geb. Röntgenstr. Nuklearmed.
86, 376-378, 1957

ROONEY, J. R. (1969):

Biomechanics of lameness in horses.
Verlag Williams u. Wilkens, Baltimore,
1969

ROONEY, J. R. (1979)

Die Lahmheiten des Pferdes.
Verlag Ahnert, Friedberg, 1979

SISSON, S. (1975):

Equine, Syndesmology.
in: SISSON, S. u. J. GROSSMAN (Hrsg.): The
anatomy of the domestic animals. 5. Aufl.
Bd. I
Verlag Saunders, Philadelphia, London, 1975

STEDE, M., F. PREUSS u. G. STEDE (1977):

Angewandt-anatomische Grundlagen zur Gleich-
beinfraktur des Pferdes.
Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 90,
212-215, 1977

STEWART, B. u. C. REID (1982):

Osseous cystlike lesions of the medial femoral condyle in the horse.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 180, 254-257, 1982

STRÖMBERG, B. (1976):

Osteochondrosis dissecans of the stifle joint in the horse: a clinical, radiographic and pathologic study.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 17, 117-124, 1976

STRÖMBERG, B. (1979):

A review of the salient features of osteochondrosis in the horse.

Equine vet. J. 11, 211-214, 1979

TROTTER, G. u. C. McILWRAITH (1981):

Osteochondritis dissecans and subchondral cystic lesions and their relationship to osteochondrosis in the horse.

J. Equine vet. Sci. 1, 157-162, 1981

TROTTER, G., C. McILWRAITH, R. NORRDIN u. A. TURNER (1982):

Degenerative joint disease with osteochondrosis of the proximal interphalangeal joint in young horses.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 180, 1312-1318, 1982

VERSCHOOTEN, F. (1980):

Post-traumatische beencysten en subchondrale beennecrose bij het paard (Post-traumatic subchondral bone cysts and subchondral bone necrosis in the horse).

Vlaams diergeneesk. Tijdschr. 49, 237-264, 1980

VERSCHOOTEN, F. u. A. DeMOOR (1982):

Subchondral cystic and related lesions
affecting the equine pedal bone and stifle.
Equine vet. J. 14, 47-54, 1982

WEISS, K. (1968):

Degenerative Gelenkerkrankungen.
in: Handbuch der medizinischen Radiologie.
Bd. V/3
Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, 1968

WINTZER, H.-J. (1976):

Röntgenologisch feststellbare Veränderungen
an der Zehe des Pferdes und ihre klinische
Beurteilung.
Prakt. Tierarzt 57, collegium vet. 19-22,
1976

WINTZER, H.-J. (1982):

Krankheiten der Gliedmaßen.
in: WINTZER, H.-J.: Krankheiten des Pferdes.
Verlag Parey, Berlin, Hamburg, 1982

WOODS, C. (1961):

Subchondral bone cysts.
J. Bone Joint Surg. 43 B, 758-766, 1961

ZELLER, R. (1976):

Grundlagen der Beurteilung von Röntgenauf-
nahmen.
Prakt. Tierarzt 57, collegium vet. 5-10,
1976

Herr Prof. Dr. Klaus Hartung hat mir das Thema dieser Arbeit überlassen, wichtige Anregungen gegeben und mir jederzeit seine Hilfsbereitschaft entgegengebracht. Darüber habe ich mich gefreut, und ich möchte mich herzlich dafür bedanken.

Herrn Prof. Dr. K. Dämmrich und Herrn Prof. Dr. R. Rudolph danke ich für die freundliche Hilfe bei der Auswertung der histologischen Schnitte.

Mein Dank geht auch an Frau Dr. B. Münzer für ihre hilfreichen Ratschläge.

Bei Frau Ilgmann bedanke ich mich für die Anfertigung der histologischen Schnitte, bei Frau Marianne Martini für ihre Unterstützung bei den Röntgenuntersuchungen, bei Herrn Schlögel für die Photographien und bei Herrn Becker für die Anfertigung der Knochenscheiben.

Lebenslauf

Ich wurde am 25. Januar 1957 als erstes Kind des Ehepaares Doris van Suntum, geb. Gersch, und Dr. med. dent. Heinz van Suntum in Dinslaken geboren.

Von April 1963 bis November 1966 besuchte ich die kath. Feldschule in Dinslaken-Hiesfeld und wechselte im Dezember 1966 zum Ernst-Barlach-Gymnasium in Dinslaken, wo ich im Juni 1975 mein Abitur ablegte.

Das Studium der Veterinärmedizin begann ich im Wintersemester 1975/76 an der Freien Universität Berlin, legte im Mai 1981 den dritten Teil des Staatsexamens ab und erhielt am 8. Juli 1981 die Approbation als Tierärztin. Seitdem war ich an der Pferdeklinik der F.U. Berlin, Klinische Radiologie, mit der Anfertigung meiner Dissertation beschäftigt.

Papyrus-Druck GmbH Berlin ☎ 3416451
Dissertationen